

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN**



TESIS DOCTORAL

**Comunicación audiovisual, publicidad y relaciones públicas:
conversión de la luz en sonido y sus futuras aplicaciones en los
campos de la música, el arte y la astronomía**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Sergio Gómez Ortega

Director

Francisco García García

Madrid

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN**



TESIS DOCTORAL

**Comunicación audiovisual, publicidad y relaciones públicas:
conversión de la luz en sonido y sus futuras aplicaciones en los
campos de la música, el arte y la astronomía**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Sergio Gómez Ortega

Director

Francisco García García

Madrid



Facultad de Ciencias de la Información

Universidad Complutense de Madrid

PROGRAMA DE DOCTORADO

**COMUNICACIÓN AUDIOVISUAL, PUBLICIDAD Y
RELACIONES PÚBLICAS**

**CONVERSIÓN DE LA LUZ EN SONIDO Y SUS FUTURAS APLICACIONES
EN LOS CAMPOS DE LA MÚSICA, EL ARTE Y LA ASTRONOMÍA.**

AUTOR: SERGIO GÓMEZ ORTIGA

DIRECTOR: FRANCISCO GARCÍA GARCÍA

MADRID 2019

DEDICATORIA

Para mamá, Mariete, mi familia en general; para mi gran amigo Marcos.

Para mi gran inspiración: Tim Bergling.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias a mi familia y a mi amigo Marcos y a toda la gente que me ha apoyado en general, que ha confiado en mí a la hora de llevar a cabo este proyecto y que siempre ha estado a mi lado.

Agradecer, además, al Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en concreto, al director del Centro de Astrobiología, Miguel Más Hesse, la oportunidad que me fue concedida de poder realizar una estancia allí de tres meses de cooperación donde aprendí un montón de cosas y pude conocer a excelentes científicos, investigadores y expertos del Universo.

Me gustaría también agradecer a Javier Alda, catedrático y director del departamento de Óptica y Optometría su gran ayuda, consejo y orientación en cuanto a temas técnicos ligados con el campo de la Luz, su naturaleza y comportamiento.

Y sobre todo, quiero dar las gracias a mi querido profesor Francisco García García por su gran ayuda, ya que sin él, este proyecto no habría sido posible. Tras una inteligencia se halla una persona extraordinaria. Sincera, honesta y de gran bondad. Este sueño cumplido quisiera dedicárselo a él, ya que ha sido la persona que más ha confiado en mí y que ha apostado por mí desde el principio. Quizá, lo que nos haya unido más es el hecho de querer ayudar a los demás, y, de alguna forma, siento que el haber podido concluir esta investigación es una forma de agradecérselo y seguir su gran ejemplo. Porque, detrás de cada idea se halla una enseñanza del profesor. Gracias por haberme hecho evolucionar, ser mejor investigador y sobre todo, ser mejor persona.

ÍNDICE

RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	14
ÍNDICE DE TABLAS.....	16
ÍNDICE DE FIGURAS.....	17
1. INTRODUCCIÓN.....	29
1.1. OBJETO Y CONTEXTO.....	29
1.1.1. OBJETO.....	29
1.1.2. CONTEXTO.....	29
1.2. PROPÓSITO.....	52
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	52
1.4. FINALIDAD.....	53
1.5. OPORTUNIDAD.....	53
1.6. RECURSOS.....	54
1.6.1. PERSONALES.....	54
1.6.2. ECONÓMICOS.....	54
1.6.3. DOCUMENTALES.....	55
1.7. ESTRUCTURA GENERAL.....	55
2. MARCO TEÓRICO.....	63
2.1. NATURALEZA DE LA LUZ.....	63
2.2. PROCESO DE VISIÓN.....	66
2.3. NATURALEZA DEL SONIDO.....	67
2.4. PROCESO DE AUDICIÓN.....	69
2.4. LUZ Y SONIDO.....	70
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	74
3.1. OBJETO FORMAL.....	74

3.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	74
3.3. OBJETIVOS.....	75
3.3.1. OBJETIVOS GENERALES.....	75
3.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	75
3.4. HIPÓTESIS.....	76
3.4.1. GENERALES.....	76
3.4.2. ESPECÍFICAS.....	77
3.5. METODOLOGÍA.....	78
3.5.1. UNIVERSO Y MUESTRA DE ANÁLISIS.....	78
3.5.1.1. UNIVERSO.....	78
3.5.1.2. MUESTRA.....	78
3.5.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	80
3.5.2.1. TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	80
3.5.2.2. TÉCNICAS DECLARATIVAS.....	80
3.5.2.3. TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN.....	81
3.5.2.4. OTRAS TÉCNICAS.....	81
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	82
4.01. ANALISIS. ESC. SONOCROMÁTICA PURA DE NEIL HARBISSON Y ESC. PROPUESTA POR EL AUTOR.....	82
4.02. ANÁLISIS. COLOR BLANCO.....	87
4.03. ANÁLISIS. COLOR NEGRO.....	89
4.04. ANÁLISIS TEÓRICO. COLOR Y MÚSICA.....	90
4.05. ANÁLISIS. ANÁLISIS CROMÁTICO DE PARTITURAS MUSICALES.....	104
4.06. ANÁLISIS. CONFIGURACIÓN SONORA DEL ESPACIO.....	106
4.07. ANÁLISIS. PROCESO DE SONIFICACIÓN DE NÚMEROS, LETRAS, SIGNOS, FIGURAS Y SÍMBOLOS.....	111
4.07.1. NÚMEROS.....	111
4.07.1.1 “1”.....	112

4.07.1.2. “2”	114
4.07.1.3. “3”	115
4.07.1.4. “4”	116
4.07.1.5. “5”	117
4.07.1.6. “6”	118
4.07.1.7. “7”	119
4.07.1.8. “8”	120
4.07.1.9. “9”	121
4.07.1.10. “0”	122
4.07.1.11. “10...100,...1000	122
4.07.2. LETRAS	124
4.07.2.1. VOCALES	124
4.07.2.1.1. “A, a”	124
4.07.2.1.2. “E, e”	126
4.07.2.1.3. “I, i”	128
4.07.2.1.4. “O, o”	130
4.07.2.1.5. “U, u”	132
4.07.2.2. CONSONANTES	134
4.07.2.2.1. “B, b”	134
4.07.2.2.2. “C, c”	136
4.07.2.2.3. “D, d”	138
4.07.2.2.4. “F, f”	140
4.07.2.2.5. “G, g”	142
4.07.2.2.6. “H, h”	144
4.07.2.2.7. “J, j”	146
4.07.2.2.8. “K, k”	148
4.07.2.2.9. “L, l”	150

4.07.2.2.10. “M, m”.....	152
4.07.2.2.11. “N, n”.....	154
4.07.2.2.12. “Ñ, ñ”.....	156
4.07.2.2.13. “P, p”.....	158
4.07.2.2.14. “Q, q”.....	160
4.07.2.2.15. “R, r”.....	162
4.07.2.2.16. “S, s”.....	164
4.07.2.2.17. “T, t”.....	166
4.07.2.2.18. “V, v”.....	168
4.07.2.2.19. “W, w”.....	170
4.7.2.2.20. “X, x”.....	172
4.07.2.2.21. “Y, y”.....	174
4.07.2.2.22. “Z, z”.....	176
4.07.2.3. SIGNOS ORTOGRÁFICOS O DE PUNTUACIÓN.....	178
4.07.2.3.1. “LA COMA (,)”.....	178
4. 07.2.3.2. “EL PUNTO (.)”.....	179
4. 07.2.3.3. “EL PUNTO Y COMA (;)”.....	180
4. 07.2.3.4. “LOS DOS PUNTOS (:)”.....	181
4. 07.2.3.5. “LOS PUNTOS SUSPENSIVOS (...)”.....	182
4. 07.2.3.6. “EL GUIÓN (-)”.....	183
4.07.2.3.7. “LOS SIGNOS DE INTERROGACIÓN (¿?)”.....	184
4.07.2.3.8. “LOS SIGNOS DE EXCLAMACIÓN (¡!)”.....	185
4.07.2.3.9. “EL ACENTO ORTOGRÁFICO (´)”.....	186
4.07.2.3.10. “LA BARRA (/)”.....	188
4.07.2.4. FIGURAS GEOMÉTRICAS.....	189
4.07.2.4.1. “EL TRIÁNGULO”.....	189
4.07.2.4.2. “EL CUADRADO”.....	190

4.07.2.4.3. “EL RECTÁNGULO”.....	191
4.07.2.4.4. “LA CIRCUNFERENCIA”.....	192
4.07.2.5. OTROS SÍMBOLOS.....	194
4.07.2.5.1. “ARROBA (@)”.....	193
4.07.2.5.2. “ESPIRAL”.....	194
4.07.2.5.3. “ESTRELLA”.....	195
4.08. ANÁLISIS DE LOS EFECTOS ÓPTICOS Y SONOROS.....	197
4.09. ANÁLISIS. DISTINTOS TIPOS DE LUZ Y SU REPRESENTACIÓN VISIBLE Y SONORA.....	201
4.1 ANÁLISIS. SONIFICACIÓN DE CUERPOS CELESTES BRILLANTES: ESTRELLAS.....	204
4.1.1 ESTRELLAS O.....	208
4.1.2 ESTRELLAS B.....	211
4.1.3 ESTRELLAS A.....	214
4.1.4 ESTRELLAS F.....	217
4.1.4 ESTRELLAS G.....	219
4.1.5 ESTRELLAS K.....	221
4.1.5 ESTRELLAS M.....	225
4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN GLOBAL.....	227
5. CONCLUSIONES.....	228
5.1. RESPUESTA A LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	228
5.2. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS.....	234
5.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS.....	234
5.3.1. GENERALES.....	234
3.4.2. ESPECÍFICAS.....	236
5.4. OTRAS CONCLUSIONES.....	239
6. DISCUSIÓN.....	240
6.1. ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS RESULTADOS.....	240

6.2. APORTACIONES.....	241
6.3. NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	242
7. APLICACIONES.....	249
7.1. APLICACIONES TEÓRICAS.....	249
7.1. APLICACIONES PRÁCTICAS.....	250
8. FUENTES.....	253
8.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	253
8.2. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA.....	253

CONVERSIÓN DE LA LUZ EN SONIDO Y SUS FUTURAS APLICACIONES EN LOS CAMPOS DE LA MÚSICA, EL ARTE Y LA ASTRONOMÍA.

RESUMEN

Durante tiempo, ha habido una necesidad de vincular el color y la música, unificar conceptos procedentes de dimensiones diferentes entre sí como lo son la luz y el sonido. Artistas, músicos y escritores han puesto especial hincapié en unificar el mundo en el que intervienen los colores y sus tonalidades con los diferentes matices que existen en el sonido. Diversos intentos por establecer una fusión entre luz y sonido o incluso llegar a justificar y razonar dicho procedimiento a través del mundo del arte como finalidad creadora del sonido y para el contexto musical, en su proceso contrario, estímulos cromáticos de la luz como un papel determinante a la hora de considerar los matices en los procesos de interpretación, composición e instrumentación. El principal inconveniente ha sido siempre la cualidad subjetiva de esta condición, que ha producido tantos debates sobre aspectos inmateriales o “Qualias” como son los colores o la interpretación de la realidad. Esta definición primaria supuso un continuo desigual a la hora de entender la sinestesia de los colores y los sonidos. Existía la problemática de que la interpretación de cada artista frente a este dilema difería de la del resto, por lo que, nunca se podía plantear una convención que englobara todos los conceptos. No obstante; debido a los últimos avances en tecnología y a un punto común empírico de ambas dimensiones, ha sido posible descubrir un camino para establecer una conversión entre luz y sonido, una unión de ambas dimensiones y su comparativa en cada realidad mediante el estudio del comportamiento de éstas como fenómeno ondulatorio. Esta investigación abarca esa problemática desde el punto de vista de la ciencia para tratar de vincular desde una perspectiva general, las dimensiones de la luz y el sonido, a través de sus vehículos característicos: el color y la música, respectivamente. Esta forma deviene de tratar de configurar una facultad cromática inherente del sentido visual para el entendimiento y percepción del mismo en su traducción a sonido. Para la realización del proceso, se ha considerado a la luz y al sonido desde el único fundamento común entre ambos: su naturaleza como ondas. Es por esta razón que se ha estado trabajando para la conversión de luz en sonido y posteriormente, viceversa, con variables asociadas a esta condición: amplitud, longitud y frecuencia de onda. Aparte de éstas, se ha considerado la constante de la velocidad en la luz y su cambio en el estado del sonido y en concreto: en su propagación por el aire (estado de la materia: gas). Una vez establecido este aspecto y asumido ambas naturalezas, como ondas, se ha ideado la forma de convertir unidades de medición de frecuencias de la luz en sonido, ajustando éstas a facultades acústicas, para conseguir el fin último que es el de entender cómo sería el fenómeno de la luz y el del sonido en su dimensión alternativa, manifiesto en sus aspectos más concretos. De esta forma, sería posible probar el comportamiento de la luz, traducido a sonido, para estudiar el funcionamiento y la recepción fotométrica del ojo y acústica del oído, entender su comportamiento y establecer ciertas conclusiones en base a estos resultados. También, y hacia donde se dirige esta investigación: permitir el entendimiento de fenómenos complejos referentes a la realidad de los distintos tipos de ondas y experiencias físicas

relacionadas con el ámbito cosmológico y astronómico para ser capaces de suponer estados que no son perceptivos por nuestros sentidos ópticos, y que al ser traducidos a la recepción sonora, debido al mecanismo de comprensión innata de las ondas por parte de nuestro cerebro a través del sentido auditivo, se pueda obtener un mayor entendimiento de la realidad invisible. Nunca sabremos cómo se percibe ópticamente un espectro ultravioleta (quizá, sí el más próximo y a partir de unas condiciones muy concretas), pero sí podremos llegar a comprender su funcionamiento como onda si somos capaces de traducir ese fenómeno electromagnético en sonido. Y no sólo con las ondas electromagnéticas, pues, ya existen procesos de conversión de fenómenos ondulatorios como las recién demostradas “ondas gravitacionales”, deducidas por el propio Einstein en sus teorías relativistas que han sido traducidas al fenómeno sonoro para facilitar su entendimiento. De forma paralela, en el aspecto artístico, la conversión de los fenómenos lumínicos en sonido posibilitaría influir en un futuro proceso de creación musical, a partir del tipo de estímulo cromático al que se haría referencia si éste fuese percibido ópticamente según los pulsos ondulatorios, llegando incluso a pintar un cuadro a partir de estas sucesiones cromáticas traducidas de la melodía original. En su proceso contrario, deducir cuadros pictóricos mediante la codificación de los distintos patrones receptivos que intervienen en la asunción óptica, para ser procesados y reconstruidos mediante el fenómeno sonoro (influir en nuevas áreas de investigación artística, publicitaria, marketing, e incluso de seguridad y acondicionamiento en museos, para concebir el futuro del arte pictórico, escultórico y arquitectónico (recreación de imágenes y siluetas) no sólo como un único vehículo óptico sino alternativamente, acústico. Esta facultad nos permitiría entender, alimentar y potenciar la comprensión, así como el estudio de disciplinas desde otros puntos de vista o realidades alternativas.

PALABRAS CLAVE

Luz | Sonido | Color | Conversión | Ondas | Música | Estrellas

CONVERSION OF LIGHT INTO SOUND AND ITS FUTURE APPLICATIONS IN FIELDS OF MUSIC, ARTS AND ASTRONOMY.

ABSTRACT

For a time, it has been a necessity of joining color and music, uniting proceeding concepts from different dimensions among them as light and sound are. Artists, musicians, writers have put special efforts on unifying the world in which colors and its tonalities intervene with the different hues they exist in sound. Divers attempts for establishing a fusion between light and sound or even achieving to justify and reason that procedure through the world of art as a creator finality for sound and for the musical context, on its contrary process, light chromatic stimulus as a determinant function when it is to consider the hints on interpretation, composition and instrumentation processes. The main contra has ever been the subjective quality of this condition, it has produced so many debates about immaterial aspects or “Qualias” like colors are or reality’s interpretation. This primary definition supposed a continuous unequal when it comes the objective to understand the synesthesia between colors and sound. It existed the problematic that each artist’s interpretation facing this dilemma differed to the others’, ergo, never could it be talked about a convention it englobed all the concepts. Nonetheless; due to last technological advantages and a common empirical point for both dimensions, it has been possible discovering a path to establish a light-sound conversion, a unification of both dimensions and its comparative per each reality by means of the study of these ones’ behavior as a wavy phenomenon. This research encompasses this problematic from the science point of view so as to try to link light and sound dimensions from a general perspective, by its characteristic conductors: the color and the music, respectively. This form comes from trying to configure a chromatic faculty native from visual sense just to understand and perceive itself on the sound phenomenon translation. For the realization of the process, light and sound have been considered from the unique common basis between them: their nature as waves. It is, for this reason that it has been working for this conversion of light and sound and, next, vice versa, with variables associated with this condition: amplification, wavelength and frequency. Apart from that, it has been considered the constant of speed of light and its change on sound state, so, particularly: on its propagation by air (state of matter: gaseous). Once it has been established this aspect and assumed both natures, as waves, it has been thought up a manner to convert frequency measurement unities from sound into light, adjusting these ones to acoustic faculties, to get the last purpose it is to understand how the light and sound phenomenon would be on alternative dimension, manifested on their most concrete aspects. On this way, it would be possible testing light’s behavior, translated into sound, in order to study the functioning and the photometric reception of the eye, so the acoustic one for the inner hear, comprehending its behavior and establishing different conclusions in base on these results. As well, and where this investigation goes to: letting the understanding of complex phenomena in relation to different type of waves and physics experiences associated with cosmological and astronomical field reality so as to be able to suppose non-perceptible for our optical senses states, and, when they are translated into sound

reception, because of the natural mechanism of comprehension on behalf of our brain through the auditory sense, it can obtain a better understanding of invisible reality. We will never know how it is perceived optically an ultraviolet spectrum (perhaps, so will we the closest one and by means of some quite concrete conditions), but we will be able to understand its functioning as wave if we get to translate this electromagnetic phenomenon into sound. So not only with electromagnetic ones, it already exists some process of conversion of wavy phenomena like recent demonstrated “gravitational waves”, deduced by the own Einstein on his relativistic theories they have been translated to the sound phenomenon to get easy its comprehension. On this parallel way, on artistic aspects, the conversion of light phenomena into sound ones, it could influence in future musical creation process, by means of the kind of chromatic stimulus it would be if this could be perceived optically according to wave pulses, opening the possibility of painting a canvas through the chromatic successions translated from the original melody. On the contrary process, deducing paintings by the codification of different receptive patterns they intervene on optic assumption, to be processed and rebuilt through the sound phenomenon (influencing in new artistic, advertisement, marketing or even the safety and reconditioning on museums investigation areas, to conceive the future on pictorial, sculptural, architectural arts (images and silhouettes recreation), not only as an unique optic conductor, but alternatively, acoustic one. This faculty will lead us: understanding, fostering and developing the comprehension, so the study of disciplines from other point of views or alternative realities.

KEY WORDS

Light | Sound | Colors | Conversion | Waves | Music | Stars

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Primeras notas musicales y colores.....	29
Tabla 2. Relación entre medio y velocidad del sonido.....	69
Tabla 3. Coordenadas cromáticas de los colores.....	83
Tabla 4. Diferentes unidades de medida de frecuencia de onda.....	84
Tabla 5. Relación entre coordenadas cromáticas lumínicas y sonoras.....	84
Tabla 6. Coordenadas cromáticas lumínicas y su traducción final en sonido.....	87
Tabla 7. Localización notas musicales en el espectro visible de la luz.....	90
Tabla 8. Traducción de notas musicales en color.....	91
Tabla 9. Traducción de notas musicales en color.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Notación Musical Guido D'Arezzo.....	30
Figura 2. El Ruiseñor P. O. Runge.....	30
Figura 3. Portada de Las Flores del Mal de C. Baudelaire.....	31
Figura 4. Arearea de P. Gauguin.....	32
Figura 5. Música de Gustav Klimt.....	32
Figura 6. Amarillo, Rojo, Azul de W. Kandinsky.....	34
Figura 7. Fuga (En el tema de la Resurrección) de A. Holzel.....	34
Figura 8. Fuga en dos colores (Amorfa) de F. Kupka.....	35
Figura 9. La ventana a la ciudad de R. Delaunay.....	36
Figura 10. La mano del violinista de G. Balla.....	36
Figura 11. Música de L. Russolo.....	37
Figura 12. La calle entra en casa de U. Boccioni.....	37
Figura 13. Imagen de Franz Liszt.....	38
Figura 14. Imagen de Richard Wagner.....	38
Figura 15. Imagen de Alexandr Skriabin.....	39
Figura 16. Imagen de N. Rimski-Kórsakov.....	39
Figura 17. La gran ola de Kanagawa de K. Hokusai.....	40
Figura 18. Portada de la obra El Mar de C. Debussy.....	40
Figura 19. Retrato de Igor Stravinsky.....	41
Figura 20. Retrato de I. Stravinsky de Albert Gleizes.....	41
Figura 21. Partitura de O. Messiaen.....	42
Figura 22. Retrato de O. Messiaen.....	43
Figura 23. Partitura de la obra 4' 33" de John Cage.....	44
Figura 24. Retrato de Morton Feldman.....	44
Figura 25. Retrato de John Cage.....	45
Figura 26. En la imagen Vicki Bennett.....	47

Figura 27. En la imagen Max Eastley.....	47
Figura 28. En la imagen Janek Schaeffer.....	47
Figura 29. En la imagen Simon Emmerson.....	48
Figura 30. Escala Sonocromática Pura y Musical de N. Harbisson.....	48
Figura 31. Three centuries of color scales.....	49
Figura 32. Color spectrum to logarithmic octave mapping.....	50
Figura 33. Color spectrum to logarithmic octave mapping.....	50
Figura 34. El Dj Avicii (Tim Bergling) durante un concierto.....	51
Figura 35. El Dj Kygo (Kyrre Gørvell-Dahl) durante un concierto.....	51
Figura 36. El profesor Javier Alda Serrano.....	56
Figura 37. El profesor Francisco García García.....	57
Figura 38. Logotipo de WolframAlpha.....	58
Figura 39. Facultad de Óptica y Optometría.....	59
Figura 40. Centro de Astrobiología.....	60
Figura 41. En la imagen, Miguel Más Hesse.....	61
Figura 42. En la imagen, J. Ángel Vaquerizo.....	61
Figura 43. La luz a su paso por un prisma.....	63
Figura 44. Diagrama de Cromaticidad CIE.....	65
Figura 45. Proceso de visión.....	66
Figura 46. Tipos de onda.....	68
Figura 47. Color y ondas sonoras (E. Sonocromática Pura de Neil Harbisson).....	83
Figura 48. Espectro electromagnético.....	90
Figura 49. E. electromagnético en el teclado de un piano.....	92
Figura 50. Acorde de do mayor.....	93
Figura 51. Acorde de do menor.....	93
Figura 52. Acorde de re mayor.....	94
Figura 53. Acorde de re menor.....	94

Figura 54. Acorde de mi mayor.....	94
Figura 55. Acorde de mi menor.....	95
Figura 56. Acorde de fa mayor.....	95
Figura 57. Acorde de fa menor.....	96
Figura 58. Acorde de sol mayor.....	96
Figura 59. Acorde de sol menor.....	96
Figura 60. Acorde de la mayor.....	97
Figura 61. Acorde de la menor.....	97
Figura 62. Acorde de si mayor.....	98
Figura 63. Acorde de si menor.....	98
Figura 64. Acorde de do mayor con los colores luz.....	99
Figura 65. Acorde de do menor con los colores luz.....	99
Figura 66. Acorde de re mayor con los colores luz.....	100
Figura 67. Acorde de re menor con los colores luz.....	100
Figura 68. Acorde de mi mayor con los colores luz.....	100
Figura 69. Acorde de mi menor con los colores luz.....	101
Figura 70. Acorde de fa mayor con los colores luz.....	101
Figura 71. Acorde de fa menor con los colores luz.....	101
Figura 72. Acorde de sol mayor con los colores luz.....	102
Figura 73. Acorde de sol menor con los colores luz.....	102
Figura 74. Acorde de la mayor con los colores luz.....	102
Figura 75. Acorde de la menor con los colores luz.....	103
Figura 76. Acorde de si mayor con los colores luz.....	103
Figura 77. Acorde de si menor con los colores luz.....	103
Figura 78. E. electromagnético en el teclado de un piano.....	105
Figura 79. Partitura de la Sinfonía N°9 de Beethoven.....	106
Figura 80. Ilustración que contiene disposición del espacio sonoro.....	107

Figura 81. Comparativa de capas visuales y sonoras.....	108
Figura 82. Comparativa de capas visuales y sonoras.....	108
Figura 83. Ilustración gráfica sobre el funcionamiento de las capas sonoras.....	109
Figura 84. Ejemplo gráfico sobre figuras ocupando un espacio.....	110
Figura 85. Plantilla que contiene coordenadas cartesianas sonoras.....	112
Figura 86. Desarrollo gráfico del número 1.....	113
Figura 87. Número 1 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	113
Figura 88. Desarrollo gráfico del número 2.....	114
Figura 89. Número 2 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	114
Figura 90. Desarrollo gráfico del número 3.....	115
Figura 91. Número 3 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	115
Figura 92. Desarrollo gráfico del número 4.....	116
Figura 93. Número 4 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	116
Figura 94. Desarrollo gráfico del número 5.....	117
Figura 95. Número 4 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	117
Figura 96. Desarrollo gráfico del número 6.....	118
Figura 97. Número 6 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	118
Figura 98. Desarrollo gráfico del número 7.....	119
Figura 99. Número 7 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	119
Figura 100. Desarrollo gráfico del número 8.....	120
Figura 101. Número 8 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	120
Figura 102. Desarrollo gráfico del número 9.....	121
Figura 103. Número 9 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	121
Figura 104. Desarrollo gráfico del número 0.....	122
Figura 105. Número 9 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	122
Figura 106. Número 10 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	123
Figura 107. Número 100 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	124

Figura 108. Número 1000 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	124
Figura 109. Desarrollo gráfico de la letra A.....	124
Figura 110. Letra A sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	125
Figura 111. Desarrollo gráfico de la letra a.....	125
Figura 112. Letra a sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	126
Figura 113. Desarrollo gráfico de la letra E.....	126
Figura 114. Letra E sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	127
Figura 115. Desarrollo gráfico de la letra e.....	127
Figura 116. Letra e sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	128
Figura 117. Desarrollo gráfico de la letra I.....	128
Figura 118. Letra I sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	129
Figura 119. Desarrollo gráfico de la letra i.....	129
Figura 120. Letra i sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	130
Figura 121. Desarrollo gráfico de la letra O.....	130
Figura 122. Letra O sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	131
Figura 123. Desarrollo gráfico de la letra o.....	131
Figura 124. Letra o sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	132
Figura 125. Desarrollo gráfico de la letra U.....	132
Figura 126. Letra U sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	133
Figura 127. Desarrollo gráfico de la letra u.....	133
Figura 128. Letra u sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	134
Figura 129. Desarrollo gráfico de la letra B.....	134
Figura 130. Letra B sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	135
Figura 131. Desarrollo gráfico de la letra b.....	135
Figura 132. Letra b sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	136
Figura 133. Desarrollo gráfico de la letra C.....	136
Figura 134. Letra C sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	137

Figura 135. Desarrollo gráfico de la letra c.....	137
Figura 136. Letra c sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	138
Figura 137. Desarrollo gráfico de la letra D.....	138
Figura 138. Letra D sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	139
Figura 139. Desarrollo gráfico de la letra d.....	139
Figura 140. Letra d sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	140
Figura 141. Desarrollo gráfico de la letra F.....	140
Figura 142. Letra F sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	141
Figura 143. Desarrollo gráfico de la letra f.....	141
Figura 144. Letra f sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	142
Figura 145. Desarrollo gráfico de la letra G.....	142
Figura 146. Letra G sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	143
Figura 147. Desarrollo gráfico de la letra g.....	143
Figura 148. Letra g sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	144
Figura 149. Desarrollo gráfico de la letra H.....	144
Figura 150. Letra H sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	145
Figura 151. Desarrollo gráfico de la letra h.....	145
Figura 152. Letra h sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	146
Figura 153. Desarrollo gráfico de la letra J.....	146
Figura 154. Letra J sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	147
Figura 155. Desarrollo gráfico de la letra j.....	147
Figura 156. Letra j sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	148
Figura 157. Desarrollo gráfico de la letra K.....	148
Figura 158. Letra K sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	149
Figura 159. Desarrollo gráfico de la letra k.....	149
Figura 160. Letra k sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	150
Figura 161. Desarrollo gráfico de la letra L.....	150

Figura 162. Letra L sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	151
Figura 163. Desarrollo gráfico de la letra l.....	151
Figura 164. Letra l sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	152
Figura 165. Desarrollo gráfico de la letra M.....	152
Figura 166. Letra M sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	153
Figura 167. Desarrollo gráfico de la letra m.....	153
Figura 168. Letra m sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	154
Figura 169. Desarrollo gráfico de la letra N.....	154
Figura 170. Letra N sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	155
Figura 171. Desarrollo gráfico de la letra n.....	155
Figura 172. Letra n sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	156
Figura 173. Desarrollo gráfico de la letra Ñ.....	156
Figura 174. Letra Ñ sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	157
Figura 175. Desarrollo gráfico de la letra ñ.....	157
Figura 176. Letra Ñ sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	158
Figura 177. Desarrollo gráfico de la letra P.....	158
Figura 178. Letra P sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	159
Figura 179. Desarrollo gráfico de la letra p.....	159
Figura 180. Letra p sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	160
Figura 181. Desarrollo gráfico de la letra Q.....	160
Figura 182. Letra Q sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	161
Figura 183. Desarrollo gráfico de la letra Q.....	161
Figura 184. Letra q sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	162
Figura 185. Desarrollo gráfico de la letra R.....	162
Figura 186. Letra R sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	163
Figura 187. Desarrollo gráfico de la letra r.....	163
Figura 188. Letra r sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	164

Figura 189. Desarrollo gráfico de la letra S.....	164
Figura 190. Letra S sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	165
Figura 191. Desarrollo gráfico de la letra s.....	165
Figura 192. Letra s sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	166
Figura 193. Desarrollo gráfico de la letra T.....	166
Figura 194. Letra T sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	167
Figura 195. Desarrollo gráfico de la letra t.....	167
Figura 196. Letra t sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	168
Figura 197. Desarrollo gráfico de la letra V.....	168
Figura 198. Letra V sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	169
Figura 199. Desarrollo gráfico de la letra v.....	169
Figura 200. Letra v sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	170
Figura 201. Desarrollo gráfico de la letra W.....	170
Figura 202. Letra W sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	171
Figura 203. Desarrollo gráfico de la letra w.....	171
Figura 204. Letra w sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	172
Figura 205. Desarrollo gráfico de la letra X.....	172
Figura 206. Letra X sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	173
Figura 207. Desarrollo gráfico de la letra x.....	173
Figura 208. Letra x sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	174
Figura 209. Desarrollo gráfico de la letra Y.....	174
Figura 210. Letra Y sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	175
Figura 211. Desarrollo gráfico de la letra y.....	175
Figura 212. Letra y sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	176
Figura 213. Desarrollo gráfico de la letra Z.....	176
Figura 214. Letra Z sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	177
Figura 215. Desarrollo gráfico de la letra z.....	177

Figura 216. Letra z sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	178
Figura 217. Desarrollo gráfico del signo ortográfico de la coma.....	178
Figura 218. Signo de la coma sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	179
Figura 219. Desarrollo gráfico del signo ortográfico del punto.....	179
Figura 220. Signo del punto sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	180
Figura 221. D. gráfico del signo ortográfico del punto y coma.....	180
Figura 222. Signo del punto y coma sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	181
Figura 223. Diseño gráfico signo ortográfico de los dos puntos.....	181
Figura 224. Signo de los dos puntos sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	182
Figura 225. D. gráfico signo ortográfico de los puntos suspensivos.....	182
Figura 226. Signo de los puntos suspensivos en p. de coordenadas cartesianas sonoras.....	183
Figura 227. Diseño gráfico del signo ortográfico del guion.....	183
Figura 228. Signo del guion sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	184
Figura 229. Diseño gráfico del signo ortográfico interrogativo.....	184
Figura 230. Signo de la interrogación en plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	185
Figura 231. Diseño gráfico del signo ortográfico exclamativo.....	185
Figura 232. Signo de la exclamación en plantilla de coordenadas cartesianas sonoras	186
Figura 233. Diseño gráfico del signo ortográfico del acento.....	186
Figura 234. Acento en mayúsculas en p. de coordenadas cartesianas sonoras.....	187
Figura 235. S. acento en minúsculas, vocales abiertas en p. de c. cartesianas sonoras...	187
Figura 236. S. acento en minúsculas, vocales cerradas en p. de c. cartesianas sonoras...	188
Figura 237. Diseño gráfico del signo ortográfico de la barra.....	188

Figura 238. Signo de la barra sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	188
Figura 239. Diseño gráfico de la figura geométrica del triángulo.....	189
Figura 240. Figura del triángulo en p. de coordenadas cartesianas sonoras.....	189
Figura 241. Diseño gráfico de la figura geométrica del cuadrado.....	190
Figura 242. Figura del cuadrado en p. de coordenadas cartesianas sonoras.....	190
Figura 243. Diseño gráfico de la figura geométrica del rectángulo.....	191
Figura 244. Figura del rectángulo en p. de coordenadas cartesianas sonoras.....	191
Figura 245. Diseño gráfico de figura geométrica de la circunferencia.....	192
Figura 246. Figura de circunferencia en p. de coordenadas cartesianas sonoras.....	192
Figura 247. Diseño gráfico del símbolo de la @.....	193
Figura 248. Símbolo de la @ en plantilla de coordenadas cartesianas sonoras.....	194
Figura 249. Diseño gráfico del símbolo de la espiral.....	194
Figura 250. Símbolo de la espiral en p. de coordenadas cartesianas sonoras.....	195
Figura 251. Diseño gráfico del símbolo de la estrella.....	195
Figura 252. Símbolo de la estrella en p. de coordenadas cartesianas sonoras.....	196
Figura 253. Estímulos reales y metamerismo óptico.....	198
Figura 254. Metamerismo sonoro de los colores.....	199
Figura 255. Representación gráfica del metamerismo sonoro.....	200
Figura 256. Tipos de luz, incluyendo los invisibles para nuestros ojos.....	203
Figura 257. Espectro visible de la luz descompuesto en c. cromáticas.....	203
Figura 258. Líneas de Fraunhofer o bandas en la luz del Sol.....	204
Figura 259. Representación gráfica del espectro acústico del ruido blanco.....	205
Figura 260. Comparativa bandas en luz (nanómetros y frecuencias sonoras).....	206
Figura 261. Representación gráfica del espectro acústico del color blanco sonoro.....	208
Figura 262. Tabla con tipos de estrellas O.....	208
Figura 263. Bandas de estrellas tipo O y su correspondencia en frecuencias sonoras....	209
Figura 264. Estrellas tipo O. Fuente: Elaboración propia de original.....	209

Figura 265. Gráfica espectral de Estrellas tipo O.....	210
Figura 266. Filtro para seleccionar emisión espectral sonora de las estrellas O.....	210
Figura 267. Gráfica espectral sonora de las estrellas O.....	211
Figura 268. Tabla con tipos de estrellas B.....	211
Figura 269. Bandas de estrellas tipo B y su correspondencia en frecuencias sonoras...	212
Figura 270. Estrellas tipo B.....	212
Figura 271. Gráfica espectral de Estrellas tipo B.....	213
Figura 272. Filtro para seleccionar emisión espectral sonora de las estrellas B.....	213
Figura 273. Gráfica espectral sonora de las estrellas B.....	214
Figura 274. Tabla con tipos de estrellas A.....	214
Figura 275. Bandas de estrellas tipo A y su correspondencia en frecuencias sonoras...	215
Figura 276. Estrellas tipo A.....	215
Figura 277. Gráfica espectral de Estrellas tipo A.....	216
Figura 278. Gráfica espectral sonora de las estrellas A.....	216
Figura 279. Tabla con tipos de estrellas F.....	217
Figura 280. Bandas de estrellas tipo F y su correspondencia en frecuencias sonoras...	217
Figura 281. Estrellas tipo F.....	218
Figura 282. Gráfica espectral de Estrellas tipo F.....	218
Figura 283. Gráfica espectral sonora de las estrellas F.....	219
Figura 284. Tabla con tipos de estrellas G.....	219
Figura 285. Bandas de estrellas tipo G y su correspondencia en frecuencias sonoras...	220
Figura 286. Estrellas tipo G.....	220
Figura 287. Gráfica espectral de Estrellas tipo G.....	221
Figura 288. Gráfica espectral sonora de las estrellas G.....	221
Figura 289. Tabla con tipos de estrellas K.....	222
Figura 290. Bandas de estrellas tipo K y su correspondencia en frecuencias sonoras...	222
Figura 291. Estrellas tipo K.....	223

Figura 292. Gráfica espectral de Estrellas tipo K.....	223
Figura 293. Filtro para seleccionar emisión espectral sonora de las estrellas K.....	224
Figura 294. Gráfica espectral sonora de las estrellas K.....	224
Figura 295. Tabla con tipos de estrellas M.....	225
Figura 296. Bandas de estrellas tipo M y su correspondencia en frecuencias sonoras...	225
Figura 297. Estrellas tipo M.....	226
Figura 298. Gráfica espectral de Estrellas tipo M.....	226
Figura 299. Gráfica espectral sonora de las estrellas M.....	227
Figura 300. Galaxia de Andrómeda (M31) en luz visible, rayos x e infrarrojos.....	239

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO Y CONTEXTO

1.1.1. OBJETO:

El estudio realizado se centra en el comportamiento de la Luz, y en concreto, de la naturaleza de los colores, para que pueda existir una ‘sonificación’ de los mismos basados en su condición de ondas. Una característica común de ambos mundos: luz y sonido. Sea, pues, nuestro objeto de estudio los colores de la luz y su conversión en sonido y del sonido y su conversión en luz para explorar nuevas posibilidades asociadas a estos, y su manifestación desde este punto de vista en campos como la astronomía, el arte y la música.

1.1.2. CONTEXTO:

Durante muchos años, artistas plásticos e investigadores creativos del campo de la luz, de igual modo que estudiosos y eruditos del campo del Sonido como músicos y artistas sonoros han tratado de establecer paralelismos ‘sinestésicos’ a la hora de generar sus obras u objetos de estudio. Cuando hablamos del pionero o la primera persona que establece la creencia de correlacionar luz y sonido es Sir Isaac Newton (1643-1727), el que, en su obra “*Optiks*” (1704), establece para cada color de los siete; que él describe al ser desfragmentados partiendo de la luz blanca uniforme mediante un prisma; una nota musical. No obstante; si consideramos la posibilidad de quién correlacionó color y nota musical por primera vez en los tiempos, hablamos de Guido D’Arezzo (990-1050), quien, en plena Edad Media (1025 d.C.), creó las notas musicales a partir de una canción: “*Ut Queant Laxis*” y en su tratado “*Micrologus*” (1026), donde, a partir de un sistema “*tetragrama*” (4 líneas), estableció un sistema de colores en las partituras primigenias para facilitar y mejorar la identificación de cada notación musical o sonido correspondiente a ese estímulo visual, facilitando así la lectura de la melodía.

Canción	Nota Musical Correspondiente	Color Asignado
Ut Queant Laxis	Do	-----
Resonari Fibris	Re	
Mira Gestorum	Mi	-----
Fámuli Tuorum	Fa	-----
Solve Polluti	Sol	
Labii Reactum	La	-----
Sanct Ioannes	Si	

Tabla 1. Primeras notas musicales y colores. Fuente: Elaboración propia

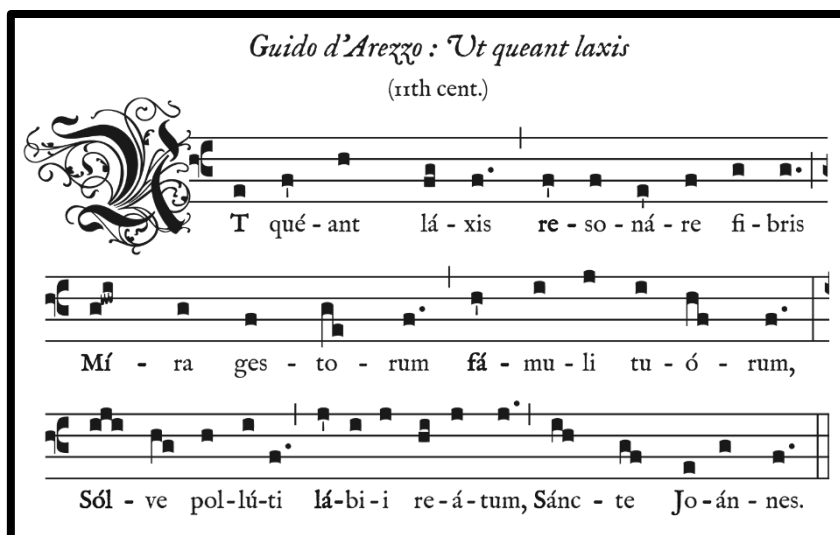


Figura 1. Notación Musical Guido D'Arezzo. Fuente: Klemm Music (2017)

Después, una serie de artistas, músicos, escritores y científicos empezaron a tratar de correlacionar de una forma original, patrones sonoros y cromáticos. Si bien, el pionero en este sentido fue Newton, continuando con esta línea, surgieron los siguientes:

En el campo de la pintura, podemos destacar a:

En el período romántico el artista Philip Otto Runge (1777-1810), junto a los escritores Ludwig Tieck (1773-1853) y Heinrich Heine (1797-1856) empezaron a considerar la importancia de la música en el proceso creativo. En cuanto a Runge, es también considerado el precursor de la teoría de que la pintura y el sonido podrían combinarse algún día, pues, realizaba sus cuadros a partir de lo que le sugerían patrones sonoros. Para Runge, la música debía estar presente en todas las expresiones de arte como pinturas y poesías, ya que les confería a las mismas de tranquilidad y armonía. Runge estableció una nueva manera de entender el arte, los “*cuadros figurativos*”, es decir; cuadros pintados a partir de las experiencias percibidas por la música en su intento de representar “*la armonía*” de la misma. Véase su obra: “*El Ruiseñor*”.

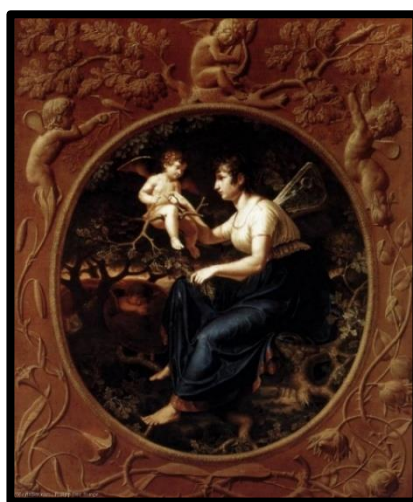


Figura 2. *El Ruiseñor* P. O. Runge. Fuente: Paintings broker (2014)

Sus obras; a las que él mismo denominaba ‘poemas con coro abstracto y pictórico fantástico-musical’; eran en sí mismas composiciones en todas las artes. Un conjunto en el que una única arquitectura alzaba a todas ellas en una misma edificación.

(Honour, 2018, p.17)

Durante este período existieron escritores, poetas y críticos de arte, inspirados por el genial compositor Richard Wagner (1813-1883) que lograron continuar con las hipótesis de Runge, hablando por primera vez de la posibilidad de *fusionar música con arte*, sirviendo, así, de puente para las futuras generaciones de pintores. Influyendo de una manera más ensayística, profunda y consolidada en ellos de lo que en nuestros días entenderíamos como “*Arte Sonoro*”. Entre otros, destacan Charles Baudelaire (1821-1867) y su soneto: “*Teoría de las Correspondencias*” integrado en la obra: “*Las Flores del Mal*” (1857) y Stéphane Mallarmé (1842-1898) y su obra “*Richard Wagner - Ensoñación de un Poeta Francés*” para la revista francesa: “*Revue Wagnerienne*”. En “*Teoría de las Correspondencias*” se establece por primera vez de manera oficial y manifiesta la vinculación de la música con el arte mientras que en *Richard Wagner - Ensoñación de un Poeta Francés* se consigue unificar el arte y la música teniendo su origen en el concepto de la sinestesia.

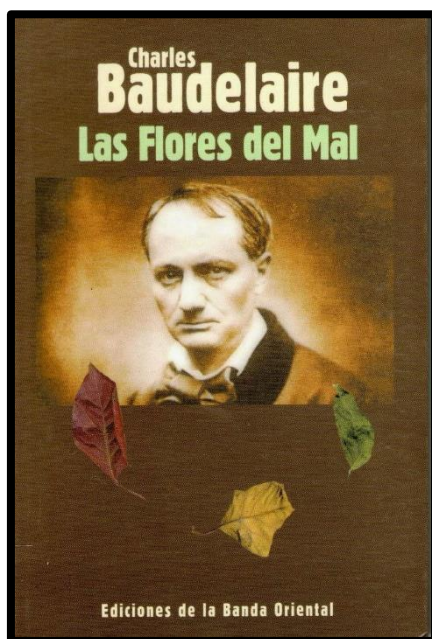


Figura 3. Portada de *Las Flores del Mal* de C. Baudelaire. Fuente: Harold D. Levine (2014)

A raíz de esto comentado anteriormente, Paul Gauguin (1848-1903) se convierte en un máximo exponente del proceso sinestésico a la hora de unificar colores y sensaciones sonoras. Empezó a correlacionar teóricamente conceptos de música y color. Su cuadro “*Arearea o El Perro Rojo*” (1892), así lo demuestra.

“El color es el lenguaje del ojo que escucha con sus cualidades sugestivas, es en definitiva la música de la pintura.” (Larson, 2018, p.192).



Figura 4. Arearea de P. Gauguin. Fuente: Carmen. P. Herrero (2014)

Coetáneo a Gauguin, Gustav Klimt (1862-1918) es inspirado por el sonido y las composiciones musicales, creando, de esta manera, su cuadro: “*Música*” a partir de estas sensaciones que él recibía de la tímbrica de las cuerdas percutidas de un arpa.

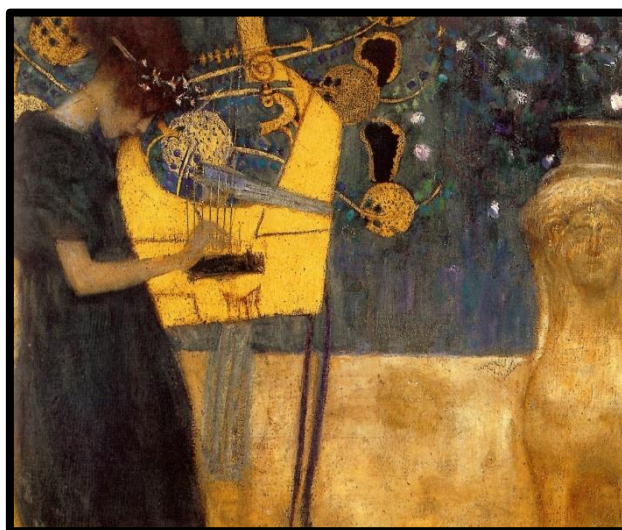


Figura 5. *Música* de Gustav Klimt. Fuente: Tony Kospan (2014)

Wassily Kandinsky (1866-1944), quizá el autor y pintor más importante para el desarrollo del “*Arte Sonoro*”, siempre sintió un vínculo especial con la música y el sonido. Se interesó por la sinestesia a través de su experiencia en el estudio de las tonalidades cromáticas y de las formas, ya que éstas, tenían, según él, un efecto implícito en sí mismas; siendo independientes de objetos y aproximándose a los tonos musicales. Estos eran capaces de generar reverberaciones en la mente y en el alma del espectador. En el cuadro “*Impresión III*” (1911) se puede observar esta característica de Kandinsky. Por lo tanto, de este modo, siguió de cerca los trabajos de Baudelaire y de Wagner y tomó de referencia a la hora de realizar estudios sobre color y música, las obras musicales del

compositor Schönberg (1874-1951). La mayoría de sus obras son conocidas por denominarse “*Composiciones*”. Así, existen hasta diez obras maestras a las que éste titula con este nombre procedente del campo musical. Aparte de esto, realizó muchos estudios e investigaciones a la hora de relacionar sonido y color durante su estancia en la Bauhaus. Estableció una primera conversión color-sonido a partir de comparar la tímbrica de instrumentos con las tonalidades cromáticas de la Luz.

“El color es la tecla, el ojo el macuto, y el alma es el piano con sus cuerdas. El artista es la mano que, mediante una u otra tecla, hace vibrar adecuadamente el alma humana.”
(Kandinsky, 1989, p. 26)

Así, gracias a la obra pictórica y académica de Kandinsky, disponemos de la primera lista comparativa entre color y música, luz y sonido, respectivamente:

- Blanco: “*gran y absoluto silencio*”, un “*no-sonido*”, “*pausas musicales*”. “*interrupción momentánea*”, no “*cierre definitivo de un proceso*”. “*Silencio que de pronto puede comprenderse*” y un “*silencio lleno de posibilidades*”.
- Rojo: sonar de una trompeta o de un “*instrumento imaginario*”:
 - Cálido y Claro: “*sonar de trompetas acompañadas de tubas*”.
 - Frío: tonos altos, claros y vibrantes del violín.
 - Frío Claro: “*pura alegría juvenil*”. Tonos altos, claros y vibrantes del violín.
 - Oscuro: “*tonos medios y bajos del violoncello*”.
 - Cinabrio: sonar de la tuba.
 - Barniz de Granza: tonos medios y bajos del violoncello.
- Naranja: sonar de “*la campana de una iglesia llamando al Ángelus; o el de un barítono potente; o una viola, interpretando un largo*”.
- Amarillo:
 - Potenciado: “*trompeta tocada con toda su fuerza*” o “*tono de clarín*”.
- Verde:
 - Absoluto: sonar de los “*tonos tranquilos, alargados y semi-profundos*” de un violín.
- Marrón: “*el redoble del tambor*”.
- Azul:
 - Claro: sonar de una flauta.
 - Oscuro: sonar de un violonchello.
 - Más Oscuro: sonar de los “*tonos*” del contrabajo.
 - Forma Profunda y Solemne: sonar del órgano.
- Violeta: “*sonido del corno inglés o de la gaita*”.
 - Profundo: “*tonos bajos de los instrumentos de madera*”, como el fagot.
- Gris: “*insonoro e inmóvil*”, “*inmovilidad desconsolada*” “*mezclar ópticamente el verde y el rojo*”.
- Negro: “*un silencio eterno sin futuro y sin esperanza*”, “*pausa completa y definitiva*”, “*el color más insonoro*”.



Figura 6. *Amarillo, Rojo, Azul* de W. Kandinsky. Fuente: Pablo Sabalza (2016)

Adolf Hölzel (1853-1934) a diferencia de Kandinsky en cuanto a las transposiciones en pintura de las sensaciones de las obras de Schönberg (1874-1951), se centró en la armonía de la música clásica. Consideraba, que, al igual que en música, el arte pictórico debía estar lleno de matices. Su obra está basada mayoritariamente en los estudios del pintor Otto Runge. Hölzel partía desde una perspectiva abstracta y continuaba con elementos objetivos musicales como en su obra: “*Fuga (en el tema de la resurrección)*” (1914) y fue el precursor de la misma a la hora de representarla mediante trazos en sus lienzos. A diferencia de Kandinsky, éste realizaba sus cuadros entendiendo la armonía como “*un equilibrio de contrastes*” manifiestos en la música clásica.



Figura 7. *Fuga (En el tema de la Resurrección)* de A. Holzel. Fuente: Cultor College (2018)

František Kupka (1871-1957), pintor checo, fue el primero en representar la visión kinética de la música en la pintura. Introdujo en sus cuadros progresiones de colores inspirándose en las variaciones de género musicales como la fuga o la polifonía. Centró, así, sus estudios plásticos en representar de manera pictórica y cromática los ritmos sonoros y sus variaciones en estilos musicales en los que esta condición fuese inherente. Así, podemos observar lienzos como: “*Fuga en Dos Colores (Amorfa)*” (1912). Mediante el uso de los colores en sus cuadros, representaba las voces de los cantantes a través de inversiones y divergencias, resultando obras de “*fugas de colores*”.



Figura 8. *Fuga en dos colores (Amorfa)* de F. Kupka. Fuente: Topzine (2012)

Robert Delaunay (1885-1941), pintor francés, influenciado por las corrientes de los artistas Paul Cézanne (1839-1906) y Georges P. Seurat (1859-1891), reflejó el ritmo en sus lienzos a partir de proporcionalidades cromáticas (“*La Ventana a la Ciudad*”, 1912) o diferentes contrastes. Llegó, así, a la conclusión de que la luz era la mayor fuerza reguladora ya que establece el orden y colocación de los elementos en un espacio concreto; su simultaneidad genera ritmo y armonía cromática. La mayor contribución por parte de Delaunay al campo del Arte Sonoro (1912) se resume en haber sido capaz de entender las dimensiones que se generan al fusionar luz y color: dimensiones que generan proporción y ritmo, movimiento y tiempo. Moldes para la representación de las siluetas concretas de las distintas formas de colores con un matiz de pureza.



Figura 9. *La ventana a la ciudad* de R. Delaunay. Fuente: mbell1975 (2013)

Por último, en cuanto al movimiento vanguardista futurista, de la mano de artistas como Giacomo Balla (1871-1958), Luigi Russolo (1885-1947) y Umberto Boccioni (1882-1916), continuadores de la labor de Kupka y Delaunay, establecen la desintegración de las formas y fondos planos para expresar de esta forma el movimiento, dinamismo y continuidad de las obras plásticas. De esta manera, provienen conceptos intrínsecos como son: velocidad y ruido. Los cuadros más representativos dentro de este movimiento en cuanto a su labor continuadora del Arte Sonoro, son: “*La Mano del Violinista (El Ritmo del Violinista)*” (1912), “*Música (La Música)*” (1912) y “[*El Ruido de*] *la Calle entra en Casa*” (1911), de Guiacomo Balla, Luigi Russolo y Umberto Boccioni, respectivamente.

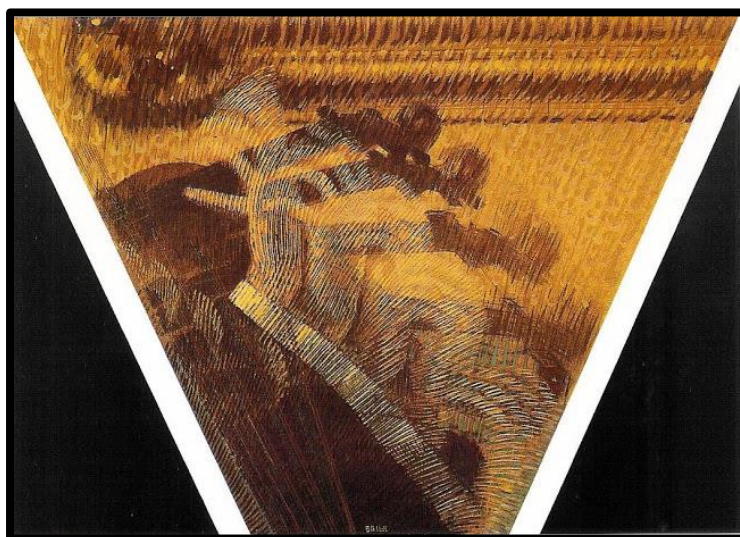


Figura 10. *La mano del violinista* de G. Balla. Fuente: xennex (2012)

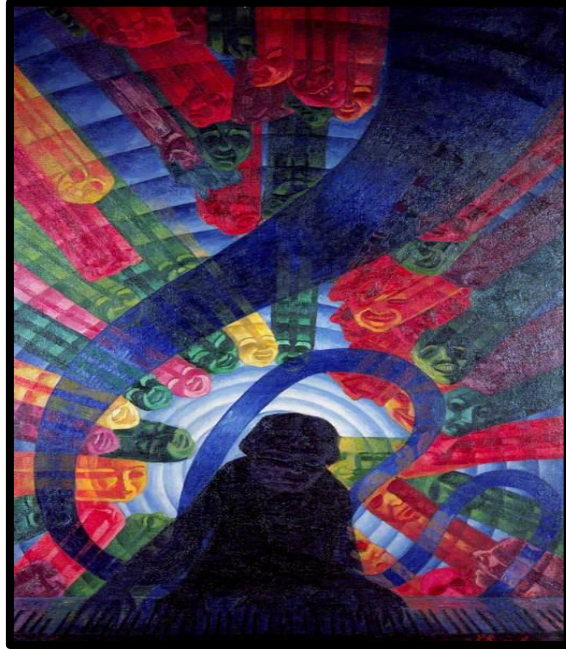


Figura 11. *Música* de L. Russolo. Fuente: yigruzeltil (2013)



Figura 12. *La calle entra en casa* de U. Boccioni. Fuente: Biografías y vidas (2019)

En la dimensión sonora:

Franz Liszt (1811-1886) comenzó con sus grandes dotes musicales desde una pronta edad. Llegó un momento en que empezó a correlacionar estímulos cromáticos y tonalidades musicales; de hecho, son conocidas sus complejas instrucciones dadas a los instrumentistas en su pretensión por obtener el color adecuado. Su hecho más notable fue

ante la Kapelmeister de Weilmars, cuando pedía a sus intérpretes alcanzar una tonalidad más azulada que de costumbre, o incluso violeta y no tan rosada.

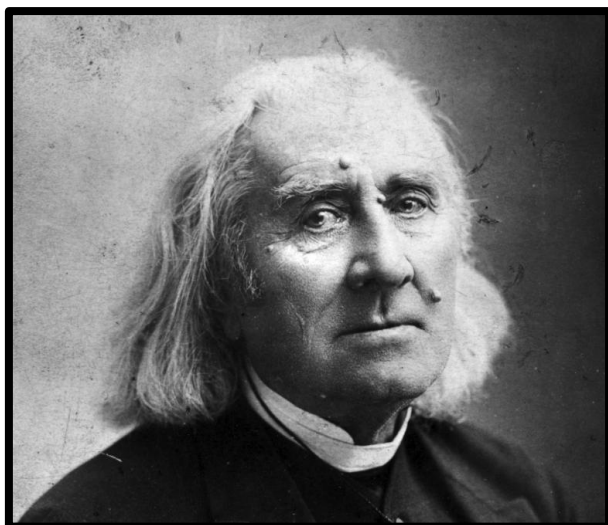


Figura 13. Imagen de Franz Liszt. Fuente: University of Nebraska - Lincoln (2019)

Richard Wagner (1813-1883), aunque es célebre por la creación del concepto ‘*Leitmotiv*’, también es importante su labor a la hora de traducir musicalmente los trazos de los cuadros en sus obras sinfónicas. Como comentamos anteriormente, éste sirvió de inspiración para poetas y escritores como Charles Baudelaire y su obra: “*Teoría de las Correspondencias*”, y Stephan Mallarmé y “*Ensoñación de un Poeta Francés*”. Además, musicalmente hablando, esta predisposición a asociar colores con ritmos musicales sería heredada por un joven Debussy.

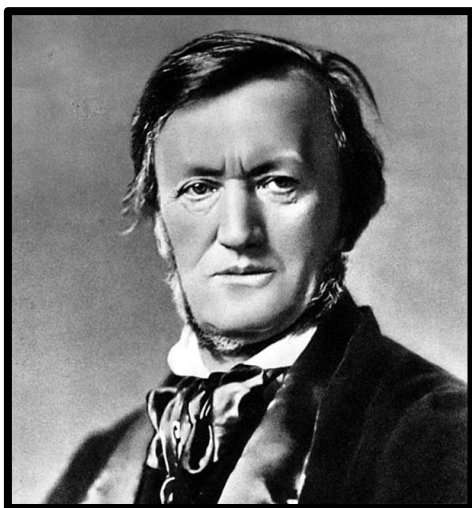


Figura 14. Imagen de Richard Wagner. Fuente: Neil Kurtzman (2009)

El pianista y compositor ruso Alexandr Scriabin (1871-1915) y el compositor y director de orquesta ruso Nikolái Rimski-Kórsakov (1844-1908) establecieron una correlación entre las diferentes notas musicales y los estímulos cromáticos. Por ejemplo: la nota Do

era vista por Skriabin con una tonalidad cromática de rojo, mientras que para Rimski-Korsakov, gris.

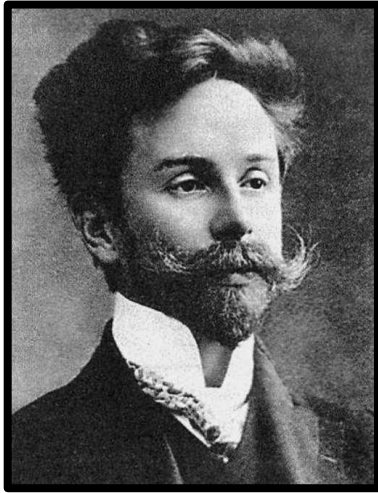


Figura 15. Imagen de Alexandr Skriabin. Fuente: World of faces (2015)



Figura 16. Imagen de N. Rimski-Kórsakov. Fuente: NPW-Paris (2017)

Claude Debussy (1862-1918), del que hablábamos en un epígrafe anterior, trató de representar de forma sinestésica y en soporte sonoro mediante una composición musical (“*El Mar*”, 1903-05), la obra del artista japonés Katsushika Hokusai (1760-1849), “*La Gran Ola de Kanagawa*” (1829-32). Para ello, simuló musicalmente las variaciones lumínicas entre el fondo y la superficie del océano. Aparte de esto, su forma de percutir las teclas de un piano (“*notas punteadas*”) vino inspirada de la corriente artística e impresionista de la época.



Figura 17. *La gran ola de Kanagawa* de K. Hokusai. Fuente: Anabel (2017)



Figura 18. Portada de la obra *El Mar* de C. Debussy. Fuente: Alex (2011)

Igor Stravinsky (1882-1971), al igual que Debussy, también estuvo muy influenciado por las vanguardias europeas. Su música, por aquel entonces, supuso un descontento general entre los oyentes debido a la introducción de numerosas fórmulas musicales novedosas para aquella época. Las más asociadas al mundo de la pintura supusieron en sus composiciones musicales la referencia al propio sonido de una 'dimensionalidad' o efecto tridimensional a consecuencia de las obras cubistas de los artistas plásticos: el francés Georges Bracque (1882-1963) y los españoles Pablo Picasso (1881-1973) y Juan Gris (1887-1927).



Figura 19. Retrato de Igor Stravinsky. Fuente: rbczepp88 (2015)



Figura 20. Retrato de I. Stravinsky de Albert Gleizes. Fuente: yigruzelti (2012)

Es en este momento cuando se empieza a considerar el sonido como un arte en sí mismo, sin la necesidad de ser entendido a partir de otra forma de expresión artística.

A mediados del siglo XX, podemos destacar a uno de los máximos exponentes musicales de la época: Olivier Messiaen (1908-1992).

Olivier Messiaen fue un músico de origen francés que al igual que Scriabin, Rimski-Korsakov y Liszt, sufría de una condición que le hacía percibir estímulos sensoriales que no eran propios del sentido para el que ejercía su profesión musical (sonido): los colores. Según Brown (2018): “*I see colours when I hear sounds,*” *Messiaen explained to the French critic Claude Samuel in 1988, “but I don’t see colours with my eyes. I see colours intellectually, in my head.”*”. Esto es, para Messiaen, su forma de entender sinestésicamente y musicalmente los colores. De facto, los pigmentos lumínicos persistían en cuanto a su condición a medida que subían o bajan en octavas, excepto por su condición de luminosidad (a más alta la octava, más luz; a más baja, más oscuridad).

Otro dato curioso a destacar, es, que a diferencia de Franz Liszt, Olivier Messiaen indicaba en sus partituras el tipo de tonalidad a interpretar que se debía utilizar según las consideraciones del maestro. Por ejemplo, en “*Quatuor pour la Fin du Temps*” (*Cuarteto para el Final de los Tiempos*, 1939), a la edad de 31 años, Messiaen indicó a los pianistas que la tonalidad para la que debía ser interpretada la obra era de un anaranjado-azulado. Por último, Messiaen inspiró a futuros artistas conceptuales como el pianista y pintor Mark Rowan- Hull (1968), que colaboraría en un proyecto de improvisación cromática sobre lienzo en base a los estímulos recibidos por parte de la música del compositor francés.

Messiaen: modes

The image displays six musical staves, each representing a different mode from Olivier Messiaen's system. Each staff is labeled with a mode number and a transposition (e.g., '1st transp.', '2nd transp.', etc.). Above each staff, specific color associations are listed. The modes and their colors are as follows:

- Mode 2, 1st transp.:** blue violet
- 2nd transp.:** gold and brown
- 3rd transp.:** green
- Mode 3, 1st transp.:** orange, gold and milky white
- 2nd transp.:** grey and mauve
- 3rd transp.:** blue and green
- 4th transp.:** orange, red, with a little blue
- Mode 4, 1st transp.:** blue, grey and gold
- 2nd transp.:** grey, pink and copper yellow reflections, black and blue, green, purple
- 3rd transp.:** yellow and violet
- 4th transp.:** dark violet, white with purple patterns
- 5th transp.:** intense violet with grey mauve zones
- 6th transp.:** carmine, violet purple, orange, grey mauve and grey pink

Figura 21. Partitura de O. Messiaen. Fuente: Håkon Austbø (2013)

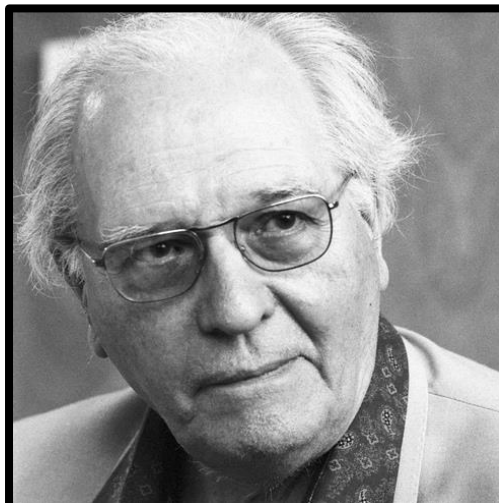


Figura 22. Retrato de O. Messiaen. Fuente: 30ièmes Saisons Musicales (2015)

En el ámbito más empírico, los experimentalistas del sonido como Edgar Varèse (1863-1965), Steve Reich (1936), Morton Feldman (1926-1987) y John Cage (1912-1992) continúan con el legado de músicos y pintores y sirven de puente para futuras generaciones. En concreto, Feldman y Cage se encargan de trabajar sobre el propio sonido en sí mismo, experimentándolo y añadiéndole matices que algunos considerarían musicalmente: “*colores*”. Son, pues, los padres de conceptos como “*Música Gráfica*” (Feldman) y “*Arte Sonoro*” (Cage) o movimiento creativo basado en la experimentación artística del sonido. Confiriéndole, al sonido, así, nuevas dimensiones aplicables al sentido de la vista. Hoy en día, este conocimiento perdura gracias a sus experimentaciones artísticas.

John Cage, por su parte, ha permitido el desarrollo de nuevas tendencias sonoras experimentales. Ha sido el creador de eventos multimedia como “*Variaciones V*” (1965). Su forma de entender el arte es resultado de la fusión entre la obra de Marcel Duchamp (1887-1968) y el compositor Arnold Schönberg. Una de sus obras más importantes, fue: “*4 Minutos 33 Segundos*” (1952) en la que resultan cuatro minutos de silencio y treinta y tres segundos de creación sonora. Su forma de trabajar con el sonido viene reflejada a partir de lo que él entiende y cómo él concibe a esta dimensión; como vehículo que permite comunicar por sí mismo y como cimiento de un arte diferente. Durante diversos experimentos, Cage se da cuenta de que lo más importante en el ámbito sonoro desde el punto de vista perceptivo no es tanto la facultad de la armonía o la melodía en sí mismo, ya que estos están subordinados siempre a la dimensión en la que se hallan. Su forma de trabajar se caracteriza, principalmente, a la hora de utilizar recursos tecnológicos para modificar tímbricas instrumentales tan tradicionales como la de un piano.

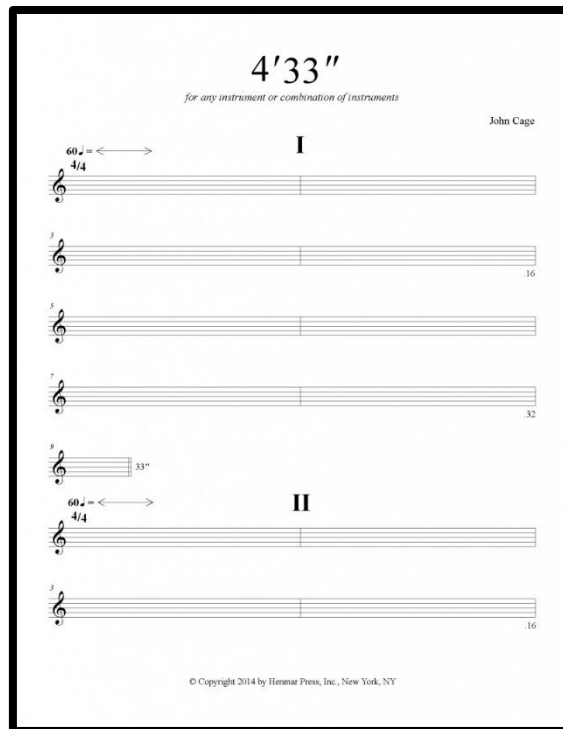


Figura 23. Partitura de la obra 4' 33" de John Cage. Fuente: Henmar Press Inc (2014)

Si bien, la labor de John Cage ha sido clave para el desarrollo del Arte Sonoro, la hibridación de las diferentes aportaciones provenientes de Feldman, Varèse, Reich y el propio Cage son las que han posibilitado de forma pionera concebir el sonido como un arte en sí mismo.

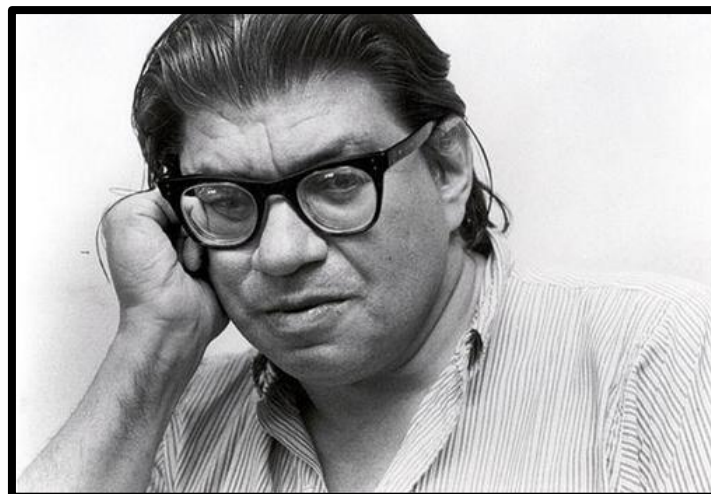


Figura 24. Retrato de Morton Feldman. Fuente: Ludovic Lignon (2017)

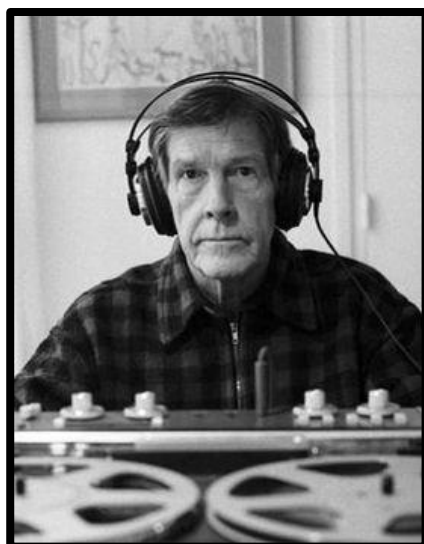


Figura 25. Retrato de John Cage. Fuente: The Famous People (2018)

Hemos podido comprobar cómo el Arte Sonoro ha sufrido una serie de modificaciones, partiendo de su posible implicación desde el punto de vista musical para la contribución de la pintura como arte mediante la intervención de ésta en el proceso creativo de un cuadro, hasta ser, el propio sonido, experimentado, variado, estudiado y considerado finalmente como un arte más. El Arte Sonoro, pues, ha sido fruto de un desarrollo conjunto e individual, simultáneamente entre pintura y música a lo largo de los años. El arte tuvo que evolucionar en su concepto (que sólo incluía pintura y escultura) como tal, con la llegada a principios del siglo XX de las vanguardias (futurismo, dadaísmo y cubismo) y ampliar su definición, incluyendo nuevas fórmulas experimentales e innovadoras. La fórmula del Arte Sonoro fue cobrando mayor importancia, a medida que se fue desligando y separando de ese concepto tradicional de objetividad que tenía por norma no buscar sinestesia. También, la aparición de nuevas terminologías e influencias de la mano de la “Elektronische Musik” y la “Musique Concrète”, lo que permitió un concepto de música más innovador, dispuesto a ir más allá explorando nuevos horizontes y alejándose del carácter clásico de las normas. Esta combinación de fuentes y circunstancias es lo que posibilitó la creación de un Arte Sonoro actualizado, con la esencia de la búsqueda de corrientes alternativas y el enriquecimiento de la experimentación sonora.

Siguiendo la línea de Cage, contemporáneos como Vicki Bennett (1967), Max Eastley (1944), Janek Schaefer (1970), Simon Emmerson (1950) y Knut Auffermann (1972) son considerados ‘*artistas sonoros*’ por experimentar en la dimensión del sonido, añadiendo nuevas experiencias sensoriales a este vehículo de comunicación. Sus trabajos combinan imagen y audio. Se caracterizan por ser ‘*artistas audiovisuales*’, debido al soporte dual con el que trabajan.

Vicki Bennett es una artista sonora y experimentadora acústica, centrada en la creación de nuevas propuestas radiofónicas y de “A7V Multimedia” (“*Gente como Nosotros*”, 1992). Su obra ha sido expuesta en múltiples plataformas como escenarios, teatros y

festivales de música contemporánea. Actualmente, la artista sonora trabaja en ocasiones colaborando con la radio británica (BBC).

Max Eastley, por su parte, es un artista sonoro que combina música y movimiento con esculturas sonoras, mezclándolos y convirtiéndolos en único estado o forma de arte. Ha colaborado con músicos experimentalistas como: Thomas Köner (1965), Asmus Tietchens (1947) y Víctor Gama (1960). Las obras más conocidas de Eastley, son: “*Criatura Muñeca*” con David Toop (1949) en 2004 y “*Plantas y Fantasmás*” en 2002.

Janek Schaefer estudió arquitectura, pero, tras grabar fragmentos de ruidos que viajaban por la oficina de correos y titularlos bajo el nombre “*Entrega Grabada*” (1995), sin querer se convirtió en uno de los máximos exponentes creadores de sonido experimental. Su consolidación como artista acústico provino de exhibiciones de sus obras acústicas en varias instalaciones y conciertos para los que se utilizaba un reproductor de grabación ideado por el propio Schaefer. Su obra prima consta en el “*Libro Guinness de los Records*” como la grabación sonora más versátil de la historia, su título: “*La Trifonía Tocadiscos*” (1997). Actualmente, su enfoque está orientado al diseño artístico sonoro y musical bajo el sello: “*AudiOh!*” (1997).

Simon Emmerson es profesor de música, tecnología e innovación de la Universidad de Montfort. Sus investigaciones han contribuido al campo del desarrollo del programa de investigación “*MTP*” (“*Música, Tecnología e Innovación*”). Su mayor aportación es resultado de estudios sobre la “*música electroacústica*”. Su obra está diseminada en los siguientes libros: “*Música, Medios Electrónicos y Cultura*” (2000) y “*El Lenguaje de la Música Electroacústica*” (1986), entre otros.

Knut Aufermann es un químico alemán por la Universidad de Hamburgo y Potsdam. En el año 1988 se trasladó a Londres en donde se graduó en ingeniería acústica y obtuvo el máster en artes sonoras por la Universidad de Middlessex. Ha sido responsable de la emisora “*Resonance104.4FM*” (2002-05), única estación de radio-arte en Londres. También ha trabajado como productor de música electrónica improvisada para diversos grupos de música. En la actualidad su actividad profesional está centrada en el ámbito de la escritura, la música y festivales. Además, es corresponsable del proyecto “*Mobile Radio*” junto a la músico Sarah Washington en 2005, que tiene como objeto de estudio, las diferentes vías de producción radiofónica.



Figura 26. En la imagen Vicki Bennett. Fuente: Colm McAuliffe (2014)



Figura 27. En la imagen Max Eastley. Fuente: Space Under (2014)

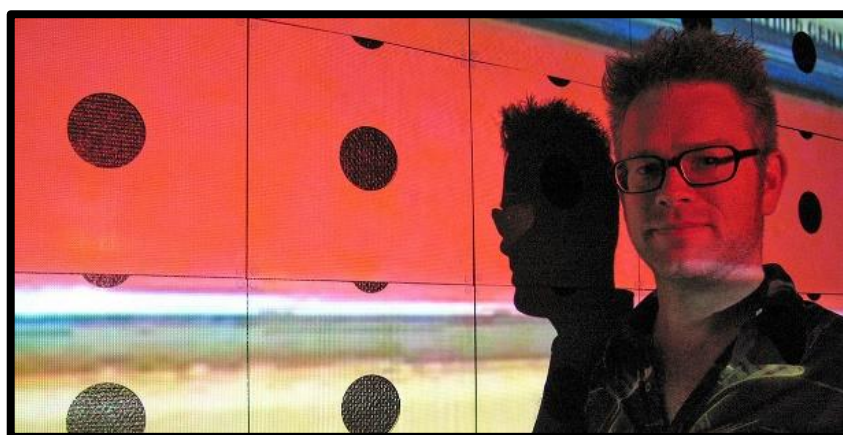


Figura 28. En la imagen Janek Schaeffer. Fuente: Yann Seznec (2015)



Figura 29. En la imagen Simon Emmerson. Fuente: ZKM (1993)

A principios del nuevo milenio, el artista sonocromático Neil Harbisson (1984) trata de continuar con la facultad cromático-acústica. Debido a su condición acromatópsica, su intención y sueño de conocer los colores le lleva a la realización de diversas investigaciones vinculadas con el color y el sonido. Gracias a la ayuda de ingenieros, consigue mediante un dispositivo llamado “*Eyeborg*” (2004), escuchar el color. Pero, previamente, para identificar esos estímulos cromáticos, adaptó dos escalas sinestésicas: la “*Escala Sonocromática Musical*” (2003) y la “*Escala Sonocromática Pura*” (2005), en la que se correlacionan colores y notas musicales y/o frecuencias sonoras, respectivamente. Esta aportación es la más importante de los últimos tiempos en cuanto a facultad se refiere, más próxima a la obtención de una relación formal.








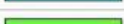











PURE SONOCHROMATIC SCALE			SONOCHROMATIC MUSIC SCALE (basic 12/360)		
(invisible)	Ultraviolet	Over 717.591 Hz		Rose	E
	Violet	607.542 Hz		Magenta	D#
	Blue	573.891 Hz		Violet	D
	Cyan	551.154 Hz		Blue	C#
	Green	478.394 Hz		Azure	C
	Yellow	462.023 Hz		Cyan	B
	Orange	440.195 Hz		Spring	A#
	Red	363.797 Hz		Green	A
(invisible)	Infrared	Below 363.797 Hz		Chartreuse	G#
				Yellow	G
				Orange	F#
				Red	F

Figura 30. *Escala Sonocromática Pura y Musical* de N. Harbisson. Fuente: Melovida (s.a)

Finalmente, podemos visualizar a modo de síntesis, trescientos años de sinestesia, a partir de la siguiente tabla que nos proporciona el profesor de la “Case Western Reserve University”, Fred Collopy, a través de su sitio web: “*Rhythmic Light*” (1998) en el que se compara las relaciones entre estímulos cromáticos y sonidos pertenecientes a las distintas notas musicales por parte de las diferentes personalidades que han contribuido al desarrollo del “*Arte Sonoro*”.

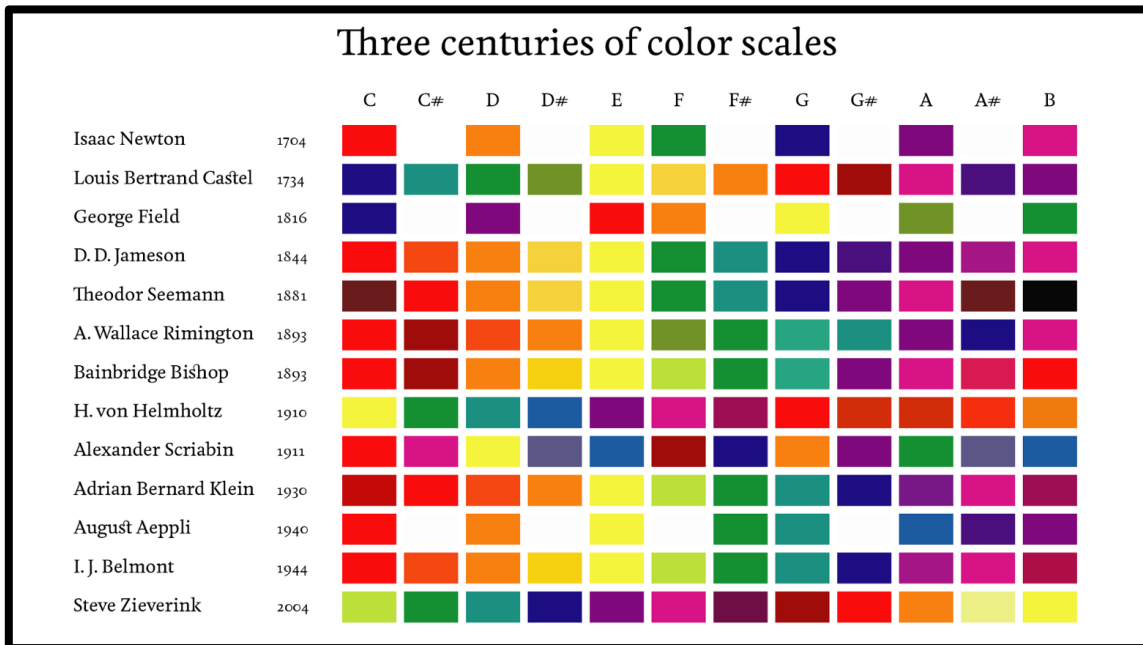


Figura 31. *Three centuries of color scales*. Fuente: Fred Collopy (2004)

Siguiendo con esta línea, han existido nuevos casos de investigación para la asociación de colores y sonidos. Véase el experimento interactivo que realizó el propio Richard Merrick a modo de “*sonificar*” los colores o dar color al sonido de una forma logarítmica y teniendo en cuenta las octavas del teclado de un piano (2008). También, Nick Fiorenza realizó un estudio para vincular las notas musicales y su estímulo cromático sinestésico correspondiente (2010).

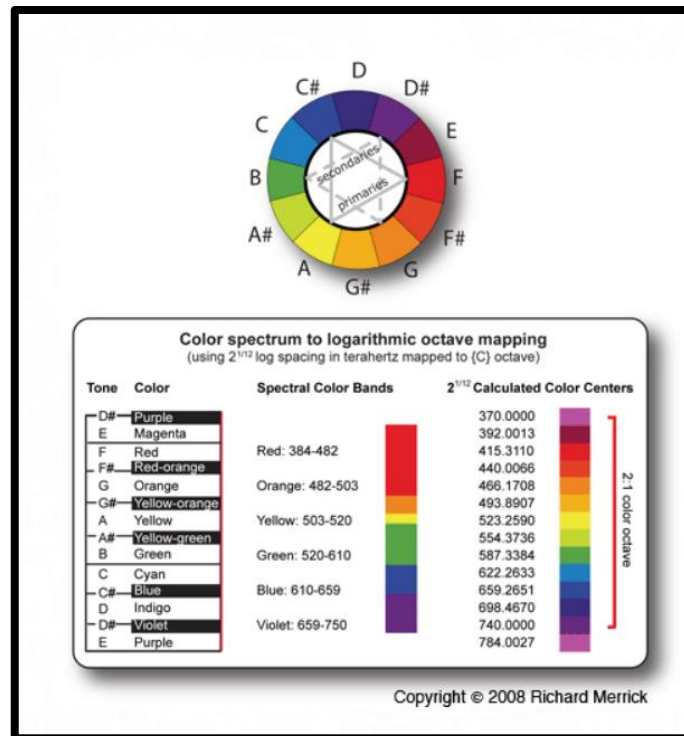


Figura 32. Color spectrum to logarithmic octave mapping. Fuente: Richard Merrick (2008)

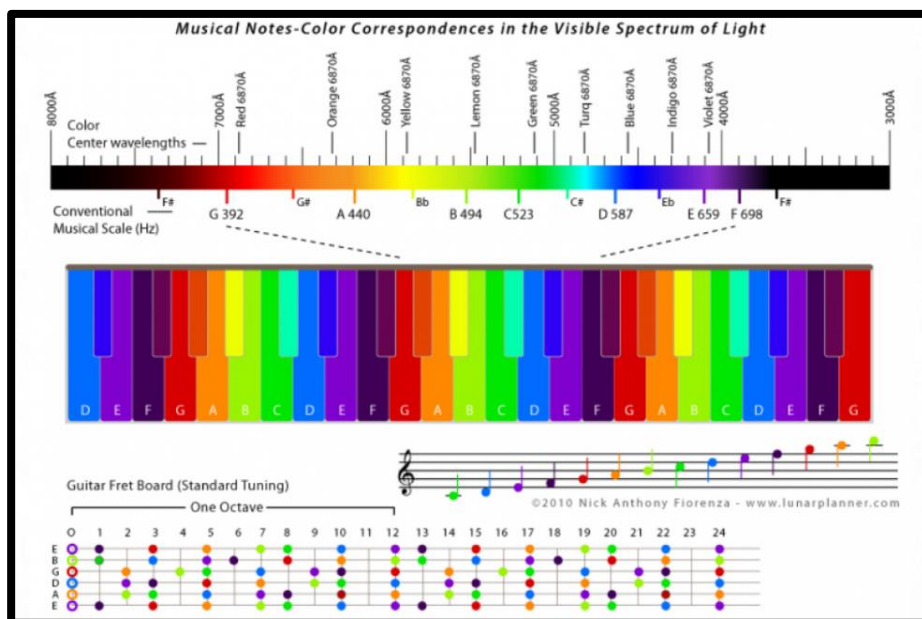


Figura 33. Color spectrum to logarithmic octave mapping. Fuente: Vee Jay (2019)

Por último, en 2014, nuevos músicos del género electrónico como Tim 'Avicii' Bergling (1989-2018) y Kyrre Gørvell-Dahl 'Kygo' (1991), han tratado de unificar los conceptos de sonido y luz en sus actuaciones como si fuesen un unísono. Sin olvidar que su vehículo de expresión principal es la música, parecen querer cuidar la facultad óptica a través de imágenes trasladadas a enormes pantallas, gráficos de corte digital que tratan de traducir el contenido de las melodías y su temática acorde a su género. También, durante los cambios de ritmo, manifiestos en diferentes partes de las piezas interpretadas, hacen

alarde de efectos que acompañan las mismas a través de emisión de llamas de fuego o humo, acorde a los episodios más significativos de las canciones.



Figura 34. El Dj Avicii (Tim Bergling) durante un concierto. Fuente: Roy Trakin (2018)



Figura 35. El Dj Kygo (Kyrre Gørvell-Dahl) durante un concierto. Fuente: Mary Keeping (2018)

1.2. PROPÓSITO

El propósito de la investigación es conseguir una conversión fiel de los colores, procedentes del mundo de la luz, en sonido. A través de su esencia como ondas, trataremos de obtener un resultado preciso de los colores de la luz en su transposición a la dimensión sonora para entender mejor su comportamiento desde otro punto de conocimiento y finalmente, aplicar este comportamiento de los colores en sonido de forma empírica en disciplinas como la música, el arte y la astronomía. De esta forma, no sólo podremos proporcionar una nueva herramienta de percepción al colectivo invidente, sino también, un vehículo alternativo para entender la realidad.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Es necesario llevar a cabo esta investigación para poder determinar de una forma crítica, la facultad asumida por tantos autores a lo largo de la historia del arte y de la música. Es preciso descubrir por primera vez la posibilidad de realidad que encierra la concepción de unificar Luz y Sonido y sus posibles implicaciones.

Esta investigación podría posibilitar la creación de un nuevo método de estudio y/o percepción a la hora de comprender ciertas disciplinas empíricas como el campo de la astronomía, ya que, desde el punto de vista de las ondas, es más fácil para los humanos comprender su funcionamiento desde el punto de vista acústico, no tanto desde el óptico.

Por otra parte, podría poner fin a la creencia en la relación entre música y pintura desde un punto de vista “*sinestésico*”, debido a que en este caso, ya habría una explicación científico-empírica que la respaldase.

Mediante una caracterización de los colores-luz y su comportamiento sonoro, podría ayudar a facilitar la comprensión de la realidad a personas invidentes en cuanto a la percepción de un cuadro o escenario teñido de diferentes tonalidades lumínicas, y a un mejor aprendizaje musical por parte de estos, al relacionar estos patrones cromáticos con su representación musical. Esta unificación de ambos mundos: luz y sonido, van a permitir una representación acústica de las imágenes, así como una representación visual de sonidos.

Además, si fuera posible configurar los colores procedentes de la dimensión lumínica en Sonido, podría darse lugar a una nueva forma de hacer arte, un nuevo movimiento o un resurgimiento creativo, al proporcionar una herramienta novedosa en la que basarse para la realización de sus cuadros.

El autor estuvo haciendo una estancia de tres meses durante el año 2018 en el Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), y volvió a aplicar nuevas conversiones, fruto del conocimiento, la sabiduría y la experiencia que había adquirido durante su estancia allí, pudiendo, ahora sí, representar de forma empírica, una relación entre las notas musicales y su correspondencia en el plano de la luz y los colores. Comparó esta escala con la de otros autores y comprobó cómo no estaban relacionadas (alguno de ellos fue: Neil

Harbisson, del que al principio hablábamos). Esta idea la expuso en el número extraordinario de mayo de la revista científica: “*Creatividad y Sociedad*”. Para terminar, el autor expuso la posibilidad de establecer nuevas vías de seguridad o lo que él llamó: “*Pasos Habilitados Multisensoriales*” que invocaran el código de los colores en los diferentes sentidos y sus correspondientes dimensiones: óptica, acústica y temperatura. De esta conferencia, el autor concluyó que para temperatura, el color verde no resultaba existente, lo que él explicó durante el simposio a los asistentes, aplicando el ejemplo de que, efectivamente, no se habían descubierto “*estrellas verdes*”.

Por último y más importante, cualquier vehículo o vía que tenga como propósito y resultado, la finalidad del saber y la mejora en el bienestar y bien común, tiene la facultad inherente, irreversible y legítima de existir por sí misma.

1.4. FINALIDAD

Como introdujimos en el epígrafe anterior, la finalidad de esta investigación es proporcionar y realizar una aportación al campo del saber, en este caso, ligado en su mayoría a aplicaciones sociales.

Precisamente, por este carácter social que bebe de su sentido y proceder académico, tiene como público objetivo todas las personas en general que tengan interés y oportunidad de percibir el sonido de los colores, o mejor dicho, el comportamiento de los colores de la Luz desde el punto de vista sonoro. No obstante; quizá, el principal público o destinatario de esta investigación sea el colectivo ciego, ya que esta investigación, desde que comenzó, tuvo como propósito, ayudar a las personas con discapacidades visuales a percibir o construir perceptivamente, el funcionamiento de estos estímulos o colores luminosos mediante la recepción sonora.

También el presente estudio tiene como finalidad el garantizar al colectivo científico, artístico y musical, un nuevo proceder, premisa o perspectiva empírica en la que poder basarse a la hora de establecer observaciones astronómicas, cuadros y lienzos y canciones o composiciones musicales, respectivamente.

1.5. OPORTUNIDAD

La presente investigación surge en un momento de nuevos hallazgos y descubrimientos. Desde el punto de vista astronómico, hasta hace poco se desconocía la existencia de ondas gravitacionales, ahora es posible mediante la instalación de equipos cosmológicos como LIGO y VIRGO que las detectan, y su proceso a sonido, conversión, que permite su entendimiento en cuanto al funcionamiento (éstas son invisibles, por lo que sólo con el sonido podemos desentrañar su comportamiento).

Además, existen nuevos intentos artísticos para establecer una similitud entre Luz y Sonido. En cuanto al mundo del arte, el investigador sonocromático Neil Harbisson continua su estudio a la hora de perfeccionar su dispositivo “*Eyeborg*” o detector de estímulos y ondas a las que categorizó con un código cromático adaptado a su condición visual o ‘acromatopsia’; tal y como ya comentábamos anteriormente.

Ya no sólo desde el punto de vista científico, también tecnológico. Vivimos en una época en que la técnica y la tecnología han desarrollado un cambio exponencial en nuestras vidas. Ahora disponemos de herramientas, programas informáticos que nos permiten la creación de tonalidades sonoras con una precisión muy alta. El principal problema siempre ha sido determinado por la carencia y precariedad en cuanto a las herramientas y dispositivos necesarios, medios, para generar cambios y trabajar directamente sobre las ondas de sonido. A esto último se le podría considerar una arquitectura acústica.

1.6. RECURSOS:

1.6.1. PERSONALES

Los medios de los que se dispone son aquellos relacionados con la bibliografía, personal, programas informáticos...

En cuanto a la guía, orientación; es decir, para la aclaración de terminología técnica, ha sido necesario ponerse en contacto y en común con un experto en el funcionamiento y comportamiento de las ondas como el propio Catedrático en Óptica y Optometría por la Universidad Complutense de Madrid el profesor Javier Alda Serrano.

También se han presentado oportunidades únicas que han permitido el desarrollo de nuevas preguntas de investigación y un avance más significativo en la misma. Por ejemplo, durante la estancia en el Centro de Astrobiología (INTA) se ha podido estar en contacto con expertos en la materia planetaria, astrobiológica, astrofísica, etc..., de la mano del director del centro y tutor durante la estancia: Miguel Más Hesse, así como la guía del experto en Unidad de Cultura Científica: Juan Ángel Vaquerizo.

1.6.2. ECONÓMICOS

Para la realización de la investigación, el autor no ha percibido ningún tipo de ayuda económica (beca, subvención...), por lo que, en diversos períodos, durante el trabajo académico ha tenido que compaginar actividad universitaria y laboral.

Otra de las facultades que ha permitido el desarrollo de esta investigación es su carácter teórico, aunque tenga finalidades aplicables. No obstante; para la última conversión y puesta en práctica (demonstración de la teoría) ha sido necesaria la utilización de un programa informático que procesara el audio y ‘sonificase’ las coordenadas cromáticas en forma de ondas.

1.6.3. DOCUMENTALES

Ha sido necesaria una previa inmersión para la investigación, por parte del autor, en materias de ciencias experimentales y lógicas.

Previamente a esto, ha sido preciso una documentación exhaustiva de todos los antecedentes históricos, pictóricos y artísticos, y su existencia para legitimizar el comienzo de la propia investigación.

Acto seguido, como ya adelantábamos al principio, se ha producido una lectura profunda de manuales de acústica y de óptica y optometría (bajo consejo del prof. Javier Alda Serrano).

Más adelante, gracias a una estancia de tres meses en el Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), se ha podido consultar; en la bibliografía del propio centro, y a través de la asistencia a cursos y seminarios de contenido astronómico; el comportamiento cosmológico, las perturbaciones y las interacciones de éstas con la atmósfera terrestre y su comportamiento con respecto a la materia.

Por último, ha sido posible conocer más detalles sobre la naturaleza de la luz y de las estrellas, gracias al visionado audiovisual de documentales como: “*How the Universe Works*” (“*La Historia del Universo*”) y “*Strip the Cosmos*” (“*Desmontando el Cosmos*”).

1.7. ESTRUCTURA GENERAL

El siguiente estudio ha constado de una duración de seis años en total, si tenemos en cuenta, que dicha idea vino originada a partir del visionado de una de las entrevistas realizadas a Neil Harbisson en la que exponía las dos Escalas Sonocromáticas que él mismo había creado.

La idea comenzó durante el año 2013. En un principio era valerse de los medios proporcionados por Harbisson para codificar de una forma sonora, los cuadros que el autor había realizado de manera digital. Aprovechando los conocimientos que le habían sido transmitidos en general durante las clases; con el profesor de “*Teoría y Técnica del Sonido*”, Carlos Hurtado Pastor y con la profesora de “*Análisis de la Imagen*”, Isleni Cruz Carvajal, en tercer y segundo curso de Comunicación Audiovisual en el Centro de Estudios Superiores (CES) Felipe II, en Aranjuez, respectivamente; trató de transformar sus ilustraciones digitales a sonido para conferir a las personas con problemas de visión la posibilidad de disfrutar de sus dibujos. Si se disponía de los colores ya transformados en sonido, fue gracias a la aportación de Harbisson y a los conocimientos sobre planos y configuración de la imagen por parte de sus profesores. El autor trató de conferir de dimensión sonora a sus cuadros.

Un año más tarde, en cuarto de Comunicación Audiovisual se le ocurrió para presentar su Trabajo Final de Grado (TFG), utilizar todo lo aprendido en estas asignaturas comentadas anteriormente y las Escalas de Harbisson, para, así, conferir de patrones el mundo sonoro y codificar de manera audible ciertos aspectos visuales básicos como son

los planos cinematográficos (PP, 1ºP, 2ºP, 3ºP) mediante las equivalencias a sonido a través de las ganancias o volúmenes expresados en Decibelios de las diferentes pistas o elementos que aparecían en las representaciones gráficas según su ubicación en el plano. También, se propuso la transposición de figuras geométricas a través de la repetición de los colores dados por Harbisson durante ciertos intervalos concretos, traduciendo los lados de estos polígonos a sonido. En definitiva, tratando de interpretar y de generar una codificación sonora a partir de consideraciones visuales. Una vez concluido su estudio, basándose en una breve historia de los distintos artistas que habían experimentado con música y pintura, concluyó, a partir de las aportaciones de Harbisson que el modelo establecido por el autor debía presentar aproximaciones de lo que serían los colores, además, había un problema: no se mostraba lo que era negro y blanco en sonido. En este punto, es cuando el autor decide dedicarse a investigar este fenómeno. Su intención era la de adentrarse en el doctorado para aprovechar el contexto académico que una tesis le podía ofrecer, y, decide, así, realizar el máster (paso previo, pero fundamental al doctorado).

Durante el Máster en Comunicación Audiovisual para la Era Digital terminó con las asignaturas correspondientes y prosiguió con el estudio de los colores, realizando una revisión de las coordenadas aportadas por Harbisson. Durante este período, dedicó su tiempo a investigar y comprender el fenómeno óptico. Para ello, acudió al “*Ciclo de Conferencias sobre el Año Internacional de la Luz*” (2016) que tuvo lugar en la facultad de Óptica y Optometría de la Universidad Complutense, y donde pudo conocer por primera vez al catedrático y profesor de óptica y optometría Javier Alda Serrano, un experto en el área de la luz que le ayudaría durante prácticamente todo el período de investigación a la hora de entender el fenómeno de las ondas, el comportamiento de la luz y el funcionamiento de los colores. Paralelamente a esto, durante el proceso de máster, conoció al que se convertiría en el futuro director de tesis: el catedrático y profesor en comunicación audiovisual, Francisco García García.

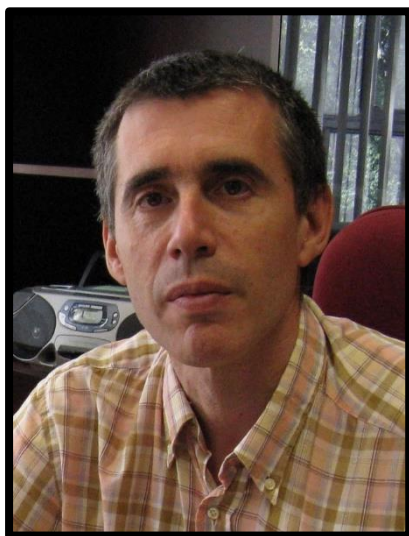


Figura 36. El profesor Javier Alda Serrano. Fuente: Universidad Complutense de Madrid (s.a)



Figura 37. El profesor Francisco García García. Fuente: Universidad Francisco de Vitoria (2019)

Tras numerosas conversaciones, el autor les comentó su intención de realizar el Trabajo Final de Máster (TFM) conforme al ámbito académico debido a su intención de continuar con su investigación hacia un próximo paso: la Tesis Doctoral. Es decir, el Máster era el intersticio entre la Carrera y el Doctorado. El contenido del 'TFM' estaba enfocado en realizar una revisión de las aportaciones de Harbisson a través de sus Escalas Sonocromáticas, especialmente la Pura (2005). Tras diversos estudios de manuales de física teórica, acústica y óptica y optometría, el autor concluyó con que los colores del arcoíris no eran siete sino infinitos. Traducciones de infinitas coordenadas cromáticas expresadas en nanómetros o lambdas que se encontraban dentro del espectro visible de la luz. Lo que nuestro ojo, debido a la limitación de sensibilidad lumínica, asociaba a estas infinitas líneas o bandas de luz en áreas, regiones o zonas que nosotros entendíamos como "*colores del arcoíris*". Es en este punto cuando empieza a desvincularse de las Escalas Sonocromáticas como referentes a la hora de llevar a cabo una conversión entre luz y sonido, y empieza a trabajar en construir la suya propia. El profesor Javier Alda Serrano, por su parte, le habla al autor de un programa de aplicaciones científicas donde podría consultar dudas acerca del espectro visible de la luz, la radiación electromagnética en general y las coordenadas cromáticas de los colores, una fuente fidedigna sobre la que trabajar a la hora de empezar a anotar coordenadas cromáticas de las diferentes áreas que comprenden los colores de la luz. Después de un tiempo tomando notas, el autor consigue obtener una traducción escritural en forma de intervalos de las diferentes áreas o colores de la luz. Avanzando en el estudio, el autor compara las muestras tomadas a partir del programa WolframAlpha (del que le habló el profesor Javier Alda Serrano) con las de Neil Harbisson, y puede ver cómo los estudios de Harbisson suponen el comienzo de un estudio que decide continuar el autor, bebiendo de fuentes empíricas, tratando de establecer una vinculación cromática luz-sonido basado en los fenómenos de las ondas; es decir, dejando atrás los estudios en sinestesia que se habían estado llevando a cabo a lo largo de los tiempos, y enfocándose en la faceta física. Esta determinación fue tomada debido a que el fenómeno de la sinestesia, al ser subjetivo, considera diferentes variantes del mismo estímulo cromático de la luz para sonido y viceversa.



Figura 38. Logotipo de WolframAlpha. Fuente: WolframAlpha (2019)

Pretende, pues, establecer una relación que trate de convertirse en un estándar que englobe todas los puntos de vista, a partir de razones, y no, sensaciones. Después de tiempo, el autor consigue establecer una traducción a sonido entre TeraHertz de la luz percibida por el ojo humano y Hertz del sonido escuchado por el oído humano. La traducción es directa en cuanto a valores numéricos, trasladando estos (o lo que el propio autor considera como esencia de cada color) provenientes de la luz, a sonido. Es entonces cuando, habiendo concluido con esta parte, añade las aportaciones actualizadas, realizadas por él mismo durante el TFG, sobre la traducción de los fenómenos geométricos a sonido. Concluye, entonces, su TFM con la búsqueda de la luz blanca y la traducción de la sensación cromática del negro, ya entendida y comprendida, en sonido, así como el encuentro de los límites del espectro visible, traducidos ya a coordenadas cromáticas (valores numéricos).

Durante el verano de 2016, trata de trabajar en su primera conferencia sobre la conversión de luz a sonido, a partir del objeto de estudio: los colores. A mediados de octubre, es admitido en el programa de doctorado de la Universidad Complutense de Madrid. Para el I Congreso Internacional sobre Cine e Imagen Científicos, celebrado en Ronda (Málaga) en diciembre del año 2016. El autor aparte de exponer a modo de propuesta la conversión de los estímulos cromáticos de la luz en sonido, establece de manera sonora la traducción de conceptos exclusivamente ópticos como son: luminosidad y saturación a partir de las variables de aumento en la intensidad de la señal (Lúmens en luz, Decibelios en sonido) y el desplazamiento sonoro a lo largo del espectro visible, respectivamente. Por último, la traducción sonora de los colores de la luz puede ser comparada con las frecuencias de las notas musicales, para así, determinar la transposición pictórica – musical y visualizar la localización de las notas musicales dentro del espectro visible de la luz.



Figura 39. Facultad de Óptica y Optometría. Fuente: Universidad Complutense de Madrid (2013)

En el año 2017, el autor propone el estudio de los grafemas para la conversión de colores en sonido y establecer grafías sonoras basadas en parámetros y lecturas visuales, patrones de trazo y dirección, pero finalmente es descartado, al menos, como parte de la tesis. Durante ese año, el autor acude a seminarios y simposios propuestos por el profesor y director de la tesis doctoral: Francisco García García. Uno de ellos, el de ‘*Comunicación Interdisciplinar*’ le aporta nuevas ideas y tomas de contacto con otros investigadores de diferentes disciplinas, dentro del área de las ciencias sociales. A fines del 2017, el autor decide tomarse un tiempo de desconexión para meditar el siguiente punto de la investigación.

En el verano de 2018, el autor parece haber encontrado nuevamente la inspiración que le alienta a proseguir con la investigación. Durante el pasado período, se reunía cada cierto tiempo con el profesor de óptica y optometría Javier Alda Serrano, y a veces, tiene la sensación de que el fin de convertir la luz en sonido no estaba bien encaminada del todo. No muy bien enfocada. Por ello, había decidido parar y reflexionar sobre el rumbo de ésta. Como enunciábamos anteriormente, en el verano de 2018, el autor consigue realizar una estancia formativa en el Centro de Astrobiología (CSIC – INTA) de más de tres meses, donde toma contacto con una rama que siempre le habría interesado: “*la astronomía*”. Es allí donde parece obtener nuevas ideas para la mejora de la investigación. Dedicar su tiempo a la lectura de manuales, investigaciones y comunicados de prensa realizados por los propios investigadores del Centro de Astrobiología (CAB). Ayuda en ciertas tareas de comunicación de la mano del jefe de Comité Científico: Juan Ángel Vaquerizo. La estancia del autor tiene la guía en todo momento de su tutor en el Centro y también director del mismo: Miguel Mas Hesse. Tras llevar un tiempo, el autor se da

cuenta de ese enfoque del que antes hablábamos. Descubre el porqué de su descontento, y comprende las razones del profesor de óptica y optometría, Javier Alda Serrano.



Figura 40. Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Fuente: Centro de Astrobiología (2012)

La cuestión era, que todo lo que había realizado hasta ese momento era correcto, pero no del todo. Si bien, las conversiones y los valores numéricos aplicados en los anteriores trabajos, conferencias, etc, en lo referente a la luz estaban bien cuantificados. El problema radicaba a la hora de convertirlos a sonido. Las conversiones eran, hasta ese momento, sólo eso; es decir, no iban más allá. No eran extrapolaciones como tal. El principal problema era la diferencia entre luz y sonido, que desde un principio se había tenido en cuenta; sin embargo, sólo como punto de partida, y no a la hora de tener en cuenta la conversión. Para que el fenómeno de los colores, naturales de la dimensión luminosa se convirtiesen a sonido conservando la autenticidad de sus valores, debía tenerse en cuenta el cambio de velocidad existente entre la luz y el sonido. Aparte de ello, la luz no necesita medio para propagarse, sin embargo, el sonido, sí. Esa velocidad sonora que viene modificada según el espacio por que transitan las ondas acústicas, debía de ser: aire. La elección de este medio resulta de la transmisión del fenómeno de la luz. El medio en el que las personas solemos estar expuestos a la radiación natural de la luz es, siendo envueltos por la atmósfera. Es por ello, que, a mediados de 2018, se modificó todo aquello que resultase de la conversión, adaptando los parámetros y valores a la nueva consideración: el cambio de la velocidad entre luz y sonido, teniendo como medio para este último: el aire. Aparte de esto, gracias a la ayuda del astrofísico y jefe del “*Departamento de Unidad de Cultura Científica del Centro de Astrobiología*”, se pudo tener en cuenta un factor importante para el último descubrimiento. Juan Ángel Vaquerizo le explicó al autor los “*fenómenos de emisión y ‘absorción’ de la luz*” manifiestos en los diferentes cuerpos materiales y celestes. Por ejemplo, una estrella produce efectos de absorción aunque emita luz, y gracias a este factor de absorción, así como el tipo de luz que emite (crominancia) y la cantidad, podemos determinar los componentes de los que cada cuerpo celeste está compuesto. Esto deviene de las “*Líneas de Fraunhofer*” que se descubrieron sobre la luz del Sol. De esta forma, era posible determinar el ADN de estos elementos que interferían sobre la luz de una estrella. De igual forma, le ilustró con ciertos ejemplos, que en los materiales más ordinarios como el hierro o el hidrógeno también existían “*líneas de absorción y de emisión*”, o lo que es lo mismo: frecuencias y

longitudes de onda de la luz que son contenidas por el propio elemento al ser expuesto a una fuente luminosa, dejando pasar el resto de haces de luz; o la radiación emitida por parte de estos componentes en coordenadas cromáticas al ser sometidos estos a algún tipo de fenómeno calorífico o de alteración parecida, respectivamente. Por último, Juan Ángel Vaquerizo le enseñó al autor cómo es la gráfica de los diferentes tipos de estrellas. Deduciendo de esto, los tipos de emisión que realizaban, que la luz blanca era la misma para todos los casos y que lo único que variaban eran las coordenadas cromáticas para cada estrella según sus valores de absorción (ADN del astro), pudiendo, así, ser representados todos los tipos de estrellas según estos intervalos. No obstante; la definición de estos datos nunca sería equiparable con el del Astro Rey, debido a la proximidad de éste con nuestro Planeta. Ángel Vaquerizo, entonces, le derivó con investigadores especializados en este tipo de material galáctico, para que el autor pudiera profundizar un poco más allá, en dicha materia.



Figura 41. En la imagen, Miguel Más Hesse. Fuente: Fundación Gadea Ciencia (2018)



Figura 42. En la imagen, J. Ángel Vaquerizo. Fuente: Ateneu de Maó (2017)

Visitó, entonces, a una investigadora del CAB que le ayudó a comprender estos fenómenos y le hizo entrega de dos fotocopias de uno de sus manuales acerca de representación de estrellas, y de él, obtuvo una extensión más exacta de las coordenadas cromáticas que comprendían las Líneas de Fraunhofer en la luz solar. Le habló de las líneas de absorción de la atmósfera terrestre (líneas asociadas al oxígeno) y le explicó que aunque se quisiera representar todos los tipos de espectros estelares, ninguno de ellos tendría la misma “*competencia*” que el registrado por el Sol. Cuando hablaba de “*competencia*”, se refería a lo que arriba comentábamos: que los datos espectrales

recogidos del Sol nunca serían equiparables a los de otras estrellas en cuanto a la definición y precisión de los mismos, debido a la gran distancia de estos, en comparación, con respecto a la Tierra. Hablamos de que el astro más cercano a nosotros, después del Sol es “*Próxima Centauri*”, localizada a 4 años luz aprox. en la “*Constelación del Centauro*”. No obstante; a pesar de estos nuevos hallazgos para el autor, éste aún debía de simular la tonalidad del espectro de luz blanca. Para hacer este último, existieron muchos problemas y debido al tiempo que se había estado dedicando a la obtención del mismo sin éxito ninguno, se podría llegar a un punto de estancamiento muy importante en el desarrollo de la tesis. No obstante; por suerte, no fue así. El autor encontró una correlación entre la luz blanca y a lo que llaman “*ruido blanco*” en la dimensión sonora. Este ruido lo que comprende son todos los tipos de espectros que existen en el mundo acústico, a una intensidad equiparable en todos sus puntos (a diferencia de otros tipos de ruidos como: “*el rosa*” o “*el marrón*”). En cualquier caso, el autor, aún tuvo que trabajar con el espectro acústico de “*el ruido blanco*” debido a que éste, comprendía más coordenadas de frecuencias y longitudes de onda que resultaban fuera del espectro visible de la luz en su correspondencia a sonido (límites del espectro visible en la zona del “*rojo*” con “*el infrarrojo*” y del “*violeta*” con “*el ultravioleta*”). Además de esto, se tuvo que aplicar las “*Líneas de Fraunhofer*”, ya entendidas, aplicando las bajadas de intensidad en ciertas partes del espectro total, para correlacionar estos con los de la luz (oscuridad en luz significa inexistencia de señal o no captación de la misma, por parte del ojo humano).

Cuando el autor terminó su estancia y se despidió de todos sus compañeros, agradeciendo su apoyo y la oportunidad de haber podido estar compartiendo conocimientos y curiosidades con ellos sobre la dinámica del Espacio y de la luz, éste se reunió con el profesor de óptica y optometría Javier Alda Serrano, donde éste le contó todos sus grandes avances y le mostró la representación sonora de las estrellas. Como había adelantado la investigadora del CAB, el sonido del Sol no se asemejaba mucho al de las estrellas de su tipo según su tamaño y espectro lumínico (Tipo G), sonando ligeramente diferente. El autor le explicó el procedimiento que había llevado a cabo para ello, y el profesor, en cualquier caso, le instó a revisarlo por si acaso. Durante fines del 2018, el autor descubrió que los espectros asociados con “*los rojos*” sonaban graves, y que los relacionados con “*los violetas*”, agudos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. NATURALEZA DE LA LUZ

En 1666, Isaac Newton (1643-1727) descubrió que la luz blanca estaba compuesta por un espectro continuo de siete colores que abarcaba el rojo, el amarillo, el naranja, el verde, el cian, el azul índigo y finalmente el violeta.

El estudio de la luz empezó en 1666 de la mano del físico Isaac Newton, el cual, pudo determinar siete colores que surgían, fruto de la desfragmentación de un haz de luz blanca al atravesar un prisma vítreo. Este haz de luz, estaba, entonces, compuesto por un continuo espectro de colores que comprendía: el rojo, el naranja, el amarillo, el verde, el cian, el azul índigo y el violeta. Newton, con una fuente de luz natural, hizo que atravesara el prisma y al otro lado, justo en la cara de detrás del cristal, con un papel, pudo distinguir claramente los siete colores individuales, una finita gama que arriba ya enunciábamos; finalmente, descubrió también que realizando el paso contrario, concentrar los siete colores sobre un prisma, resultaba unirlos y convertirlos nuevamente en un único haz de luz blanca

(Montwill, A. y Breslin, A. 2008).

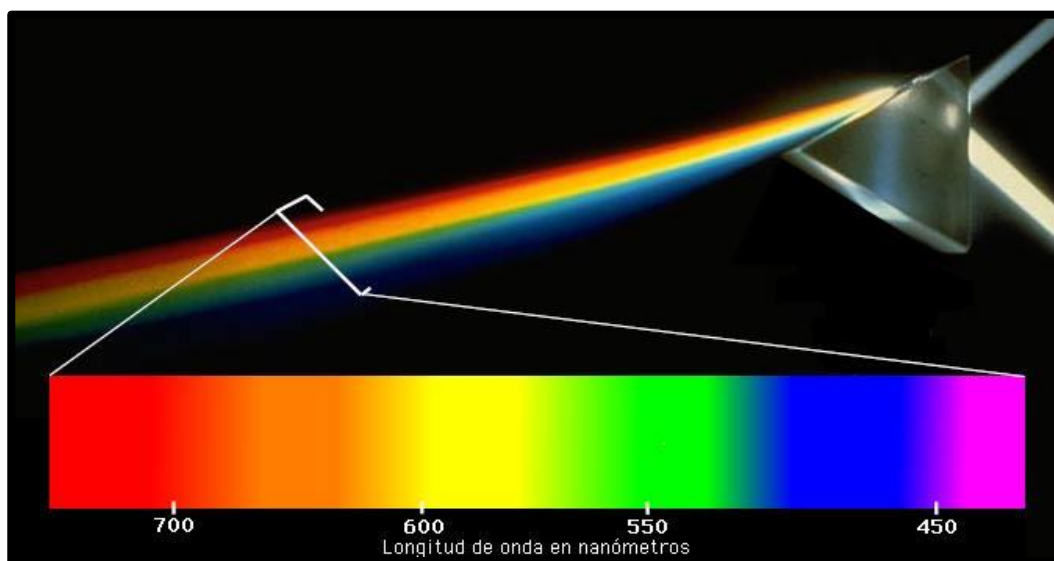


Figura 43. La luz a su paso por un prisma. Fuente: astroverada (s.a)

La Luz es un fenómeno dual ya que se comporta como partícula y onda al mismo tiempo.

Desde el punto de vista de la Luz como partícula o fotón, ésta tiene una interacción débil con la materia (en concreto, con los electrones que forman parte de ésta). Transporta energía en forma de grupos, paquetes o cuantos. Pequeñas agrupaciones de partículas elementales.

En cuanto a la Luz como onda, ésta es de tipo fotoeléctrico, radioeléctrico o simplemente: electromagnético. Como onda electromagnética, ésta no necesita de un medio para propagarse (puede viajar por el Espacio vacío durante millones de años). También, es una

perturbación de tipo transversal con respecto al eje de transmisión (se mueve hacia arriba y abajo mientras emprende el viaje). Por último, es un tipo de onda sinodal.

Es decir, desde el punto de vista de la naturaleza dual de la luz, ésta no sólo es una onda electromagnética que integra todos los colores del espectro visible de la luz (y los que son invisibles para nuestros ojos como los infrarrojos, las microondas, las ondas de radio, los ultravioleta, los rayos x, rayos gamma y rayos cósmicos), sino que, además, como conjunto o cuantos de partículas, éstas pueden interactuar con la materia de una forma débil, a escalas infinitesimales y casi imperceptibles.

El descubridor de la luz como onda radioeléctrica fue el físico James Clerk Maxwell (1831 – 1979) tal y como exponen Montwill y Breslin (2008): La mayor contribución de Maxwell fue la unificación de los cuatro fenómenos comportamentales de la luz en cuanto a energía electrostática, magnética y corriente eléctrica en forma de cuatro ecuaciones diferenciales de manera simultánea (p. 17).

Además, Montwill y Breslin (2008) en lo referente a la naturaleza de la luz como onda electromagnética añaden: “An oscillating charge would give rise to an electromagnetic wave, travelling through space at a fixed speed” (p. 18) y terminan concluyendo: “Light must be an electromagnetic wave” (p. 18).

No obstante; la luz también se comportaba como partícula, y esta propiedad fue revelada por Max Planck (1858 – 1947) durante el año 1900. Esto es enunciado por Montwill y Breslin (2008) donde se explica que en lo referente al todo de la luz, ésta va agrupada en conjuntos de energía y exponen: “These energies come in units (quanta) of hf , where h is a universal constant and f is the frequency of the oscillations” (p. 18).

Montwill & Breslin (2008) comentan, que: cinco años más tarde fue gracias al propio Albert Einstein quién extendió la idea de la luz en sí misma. La energía generada por la luz también viaja no sólo mediante onda sino también como cuanto. Este cuanto de energía hf es transportado por cada fotón y derivado de todo ello, para comportarse como una partícula (p.19).

El comportamiento de la luz visible como onda es localizado en un determinado lugar del espectro electromagnético total, entre los rayos infrarrojos y los ultravioleta. Aunque todos los tipos de onda son lo mismo: luz. Es la energía la que determina la ubicación de cada espectro. Esto aparece reflejado en las coordenadas expresadas en longitudes y frecuencias de onda. La luz visible, en concreto, tal y como exponíamos antes, se halla dentro del espectro radioeléctrico total entre las radiaciones infrarrojas y ultravioletas; es decir, entre ‘380 y 750 nm’ o lo que es lo mismo expresado en una proporcionalidad inversa: ‘789 THz – 400 THz’; esto es, todos los espectros que comprenden el espectro de la luz blanca se manifiestan en valores de nanómetros (nm) en cuanto a longitudes y en TeraHertzios (THz) en cuanto a frecuencias de ondas. Aunque todo el espectro visible de la luz proviene de todo ese conjunto infinito de ondas y longitudes de onda que lo comprenden, también es cierto, que existen fenómenos como el descubierto por el astrónomo, físico y químico Joseph Fraunhofer (1787 – 1826) que determinan que un haz

de luz blanca puede presentar líneas de absorción concretas, bandas negras o regiones de obscuridad (“*Líneas de Fraunhofer*”) provocadas por ciertos elementos que contienen dichas coordenadas cromáticas. Esto permitió determinar el ADN de diferentes fuentes de luz, como el de las estrellas, o lo que es lo mismo, los componentes de las mismas según el número y qué tipo de bandas o coordenadas cromáticas han sido oscurecidas, pues, cada elemento de la tabla periódica se comporta de una forma distinta en contacto con la luz. En cualquier caso, con esto arriba expuesto, lo que se pretende explicar es, que no son siete colores los que conforman el arcoíris o la luz blanca visible al ser descompuesta por un prisma de cristal, sino infinitas líneas o espectros asociados a un determinado valor de frecuencia y de longitud de onda, o energía de fotón medida en “*eV*” o lo que es lo mismo, “*electrón-Voltio*”.

Es decir, tal y como se representa en la siguiente figura, los extremos que conforman el triángulo de los colores corresponden a los distintos valores en frecuencia y longitud de onda que se hallan formando el espectro visible de la luz. Lo que se encuentra más próximo al blanco serían las diferentes posibilidades a la hora de crear distintos colores. Esto lo explicaremos más adelante.

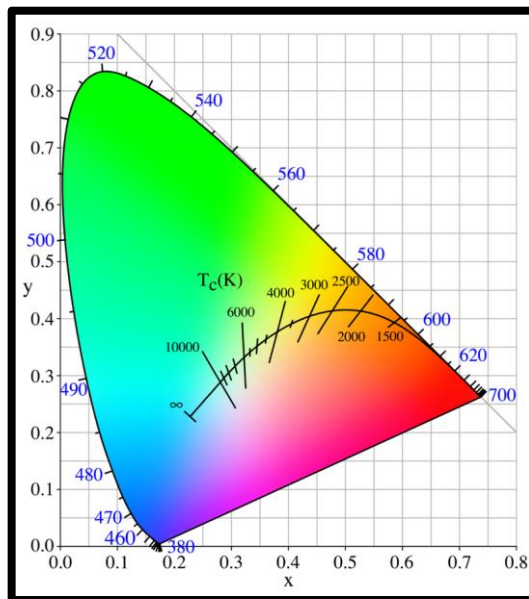


Figura 44. Diagrama de Cromaticidad CIE. Fuente: Ricardo Leandro (2013)

Ad finis, la luz no necesita de un medio para propagarse, su velocidad es de ‘ $299.792.458 \text{ m/s}$ ’, por ello, este fenómeno en forma de onda y de partícula es capaz de viajar desde la corona solar hasta nuestro planeta en tan sólo 8 minutos aprox. Por ello, podemos contemplar los luminares de estrellas que se hallan a miles de millones de años luz de nosotros. Lo que vemos, es tan sólo el reflejo de esas estrellas, tal y cómo eran en ese momento. Por ello, si miramos al Universo profundo, seremos capaces de viajar en el tiempo hacia el pasado y contemplar instantes después del origen del “*Big Bang*”.

2.2. PROCESO DE VISIÓN

Cuando miramos detenidamente hacia un objeto, lo que vemos no es el mismo, sino su reflejo; es decir, aquella luz que rebota sobre el cuerpo y llega hasta nuestros ojos. Podríamos decir, que, en realidad, lo que vemos es sólo una ilusión, un engaño de lo que en verdad pretendemos creer. Es por eso, que, si sólo hubiese oscuridad, no seríamos capaces de percibir nada, ni tamaño, ni forma, ni color (véase la ‘problemática’ de la conocida como “*materia obscura*”).

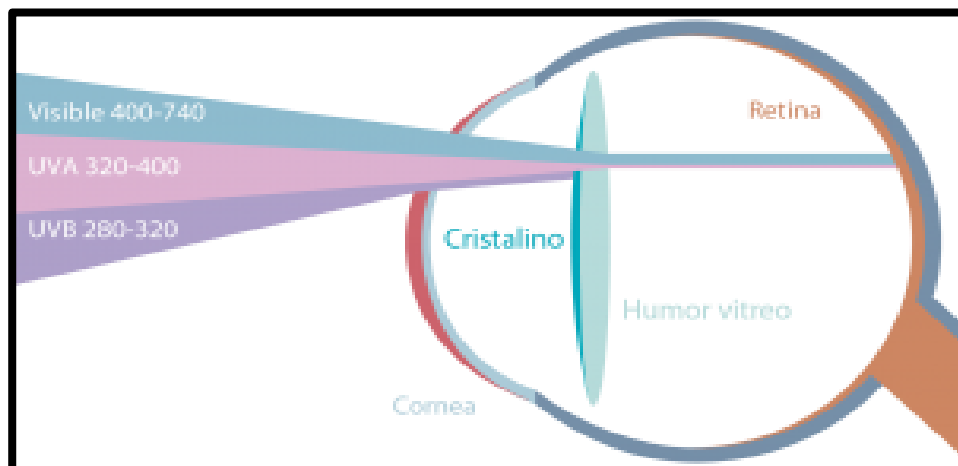


Figura 45. Proceso de visión. Fuente: Qvisión (2014)

Por ejemplo, si contemplamos la tonalidad de los pétalos de una flor y nuestro estímulo percibido corresponde a lo que nosotros entendemos por un rojo intenso, verdaderamente lo que estamos recibiendo son sólo los fotones asociados a esas longitudes y frecuencias de onda que nuestros ojos entienden en su mayoría por esa área cromática dentro del espectro visible de la luz. Es decir, los pétalos de la flor no son rojos per se, sino que, debido a unos pigmentos que estos poseen, al interactuar con una fuente de luz, estos absorben todas las radiaciones visibles de la luz, excepto las que nosotros asociamos con la tonalidad del rojo. Ese pequeño espectro luminoso es el único que se refleja. Cuando este mensaje o estímulo en forma de luz llega a nuestros ojos, son nuestros receptores fotosensibles los que se encargan de enviar la señal radioeléctrica traducida en coordenadas luminosas y posteriormente, es nuestro cerebro el que al recibir ese mensaje a través del nervio óptico, interpreta esa señal y lo califica con esa tonalidad cromática determinada. Esa coordenada cromática a la que nosotros hemos decidido llamarle ‘rojo’. Al fin y al cabo los colores no son más que ilusiones ópticas, resultados de procesos adaptativos de nuestros ojos como consecuencia de la evolución de nuestra especie a un entorno y tipo de luz concretos, la presencia de estímulos electromagnéticos concretos en nuestras vidas. Es por ello que, el hecho de que un conjunto de estímulos cromáticos o área o color del arcoíris se denomine rojo, no imposibilita que en realidad fuese ‘amarillo’, ‘verde’, o denominado de cualquier otra forma. Esto último que comentamos tiene que ver con el significado y resultado del color como concepto de patrón. El rojo no se llama “*rojo*” por naturaleza, sino porque así hemos decidido denominar ese conjunto de estímulos cromáticos que nuestro ojo agrupa como uno único: rojo.

Tal y como se enuncia en la siguiente afirmación:

Los colores son las respuestas humanas fisiológicas y psicológicas, en primer lugar, a las diversas regiones de frecuencia que se extienden desde aproximadamente 384 THz para el rojo, pasando por el naranja, amarillo, verde y azul hasta el violeta de aproximadamente 769 THz.

(Hecth, 2000, p. 78)

Por lo tanto, tal y como explicábamos al principio, los colores no son más que una mera ilusión, una forma que ha utilizado nuestro intelecto para reconocer un cúmulo reducido de frecuencias y longitudes de onda que vagan por el amplio Universo. Un fenómeno que es registrado por unas células fotosensibles denominadas ‘conos’ y ‘bastones’ situados en la retina de nuestros ojos, la antesala del nervio óptico. La misión de estos es asociar cada estímulo a una sensación determinada, el proceso final fruto de esa interpretación, se denomina: color. Sin estos, no habría estímulo, ergo, tampoco color.

2.3. NATURALEZA DEL SONIDO

El sonido es una perturbación u onda que contiene las siguientes características:

Es un tipo de onda mecánica, pues, necesita de un medio para su propagación. Dependiendo de éste y su estado de la materia, su velocidad variará. Yendo más rápido en medios sólidos y más despacio en gaseosos. Es decir; depende de las moléculas del medio para su difusión.

Su transmisión se produce por el choque entre unas y otras moléculas que componen el medio o espacio por el que viaja. Es por ello que existen puntos de altas y de bajas presiones (también denominadas ondas de presión).

Por último, el sonido es también un tipo de onda sinodal (como la luz).

Desde el punto de vista de la audición, sonido son aquellas vibraciones que producen diversas sensaciones en nuestro sentido del oído, que las recepta al chocar con una membrana o ‘tímpano’.

Estas vibraciones suelen ser perturbaciones acústicas que suelen manifestarse en forma de períodos, y siempre teniendo en cuenta como referencia: una “*posición de equilibrio estable*”.

Siendo, así, pues, se distinguen diferentes grupos de manifestaciones vibratorias:

- Movimientos vibratorios periódicos.
- Movimientos vibratorios no periódicos.

Además, estos pueden ser de dos caracteres diferentes:

- Movimientos vibratorios simples (sólo una onda fundamental).
- Movimientos vibratorios complejos (una fundamental y varias ondas secundarias).

De esta forma, podemos discernir entre tonos puros periódicos y no periódicos, y ruidos periódicos y no periódicos.

Los complejos, ya sean periódicos o no, al estar compuestos por una onda fundamental y por otras secundarias o armónicos, es preciso aplicar el Teorema de Fourier para discriminar la fundamental del resto, o esencia del sonido.

El sonido, al contrario que la luz, necesita de un medio para su propagación; es decir, sin medio no hay perturbación sonora posible. Esto es así, debido a que el sonido depende del choque de las moléculas que se presentan en el medio para su transmisión, presentándose diferentes estados de presión a lo largo de la propia onda acústica. La luz, si bien, está compuesta por partículas elementales denominadas fotones. El sonido se origina mediante las vibraciones de las moléculas existentes y que conforman el medio, pudiendo presentarse este último atendiendo a los tres estados o más de la materia: gaseoso, líquido y sólido. Dependiendo del componente o medio y su estado, condicionará a que la onda se desplace más o menos rápido. Esto es, en un estado gaseoso, al estar las moléculas que componen el medio más dispersas, el choque producido entre éstas distará más que las que se encuentran muy próximas unas a otras formando una estructura ‘materia’ de estado sólido. Para entenderlo mejor, de acuerdo con Montwill, A. y Breslin, A: “*The production of simultaneous longitudinal and transverse waves can be demonstrated using a slinky, (...)*”; es decir, para comprender mejor el concepto de transmisión de onda acústica, es preciso imaginarse un muelle. Hay momentos en los que el propio muelle se contrae, y otros en los que se expande, esto mismo ocurre con el sonido y sus determinados momentos en la transmisión de la onda: momentos de rarefacción o dispersión entre las moléculas y de compresión o altas presiones debido a la proximidad de unas con otras en una región del espacio y del tiempo determinadas. Las moléculas que han recibido primero la energía cinética, en su movimiento por el espacio, se encuentran con otras, y al chocar éstas con sus próximas, el mantenimiento de esa perturbación o energía a lo largo de un tiempo determinado es lo que permite que hablemos en definitiva de sonido.

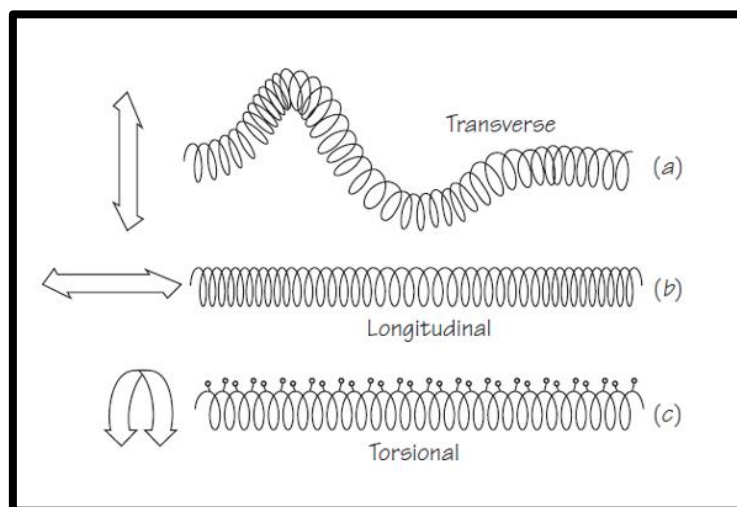


Figura 46. Tipos de onda. Fuente: César Tomé López (2018)

El sonido, ergo, no sólo depende de la presencia y existencia de unas moléculas que componen lo que denominamos como medio, sino también de las condiciones de temperatura y presión que lo conformen, ya que, aunque ambas variables estén estrechamente relacionadas, sí es cierto que a mayor presión, mayor proximidad entre las moléculas que conforman el medio; a mayor temperatura, mayor movimiento de las mismas y mayor posibilidad de choque entre unas con otras; y en definitiva: mayor velocidad de propagación tiene la propia onda acústica. Teniendo, por ejemplo, una temperatura de 20° C y una presión de 1 atm (atmósfera) en todos los medios de manera constante, la velocidad del sonido en el agua es de '1.482 m/s', en el aire de '343,4 m/s' y por último, en un lingote de hierro a '4.910 m/s'. Esta variación ya la hemos comentado anteriormente, y tiene que ver con las propiedades específicas de cada estado de la materia. Gaseoso implica una menor velocidad de transmisión de la onda debido a la distancia existente entre las moléculas que componen el medio, un estado líquido supone el término intermedio de propagación cinética ya que las moléculas del medio están más próximas entre sí unas con otras que en el estado gaseoso pero menos que en el estado sólido, en el cual, las moléculas están tan comprimidas que la transmisión de la energía entre unas con otras es verdaderamente inmediato.

Elemento	Velocidad
Aire	0.343 m/s
Oro	3.240 m/s
Cobre	3.560 m/s
Madera	3.700 m/s
Hormigón	4.000 m/s
Bronce	4.700 m/s
Aluminio	5.400 m/s
Acero	6.100 m/s

Tabla 2. Relación entre medio y velocidad del sonido. Fuente: Elaboración propia

2.4. PROCESO DE AUDICIÓN

El proceso por el que recibimos el sonido es un proceso paralelo al de la vista. La percepción de unas perturbaciones en el espacio y el tiempo, en este caso, como hemos comentado, de carácter mecánico o a partir de vibraciones o pulsiones o cambios de presión (compresión y rarefacción de un movimiento ondulatorio propagado mediante el choque de las moléculas que conforman el medio en cuestión) que entran en contacto con una membrana denominada tímpano, que al oscilar, envía las vibraciones o estímulos auditivos por los diferentes conductos hasta el caracol, donde unas microvellosidades se mueven a causa de recibir un estímulo de presión sonora (perturbación u onda). Este movimiento es convertido en señal o información que es enviada a través del nervio auditivo hasta el cerebro, quien proporciona la identificación de este tipo de señal (longitudinal).

2.4. LUZ Y SONIDO

Luz y sonido presentan diferencias, pero también similitudes. A continuación compararemos ambas dimensiones en función de lo comentado anteriormente acerca de las particularidades de cada una. Veamos pues, cuáles son sus puntos de discrepancia y cuáles de encuentro:

En cuanto a puntos de discrepancia:

1. La luz viaja a una velocidad de '299.792.458 m/s' y el sonido a '343,4 m/s' en el aire. Además, la luz, a diferencia del sonido, no necesita de un medio para propagarse. Esto se ve manifestado a la hora de traducir las coordenadas espectrales de un color dentro de la dimensión de la luz en sonido, pues, los valores numéricos de frecuencia y de longitud de onda serían diferentes atendiendo a las consideraciones acústicas y no lumínicas.
2. Como onda, las unidades de frecuencia en luz son inmensamente grandes para nuestro sistema auditivo, los TeraHertzios. El espectro auditivo humano comprende los '20' y '20.000 Hertzios', aproximadamente. Un TeraHertzio es '1.000.000.000.000 Hertzios'. Aparte, en sonido, traducido a esta última dimensión, la luz sonaría muy aguda. A medida que aumenta la frecuencia y disminuye la longitud de onda, la perturbación en sonido se manifiesta de forma aguda, siendo grave en sentido contrario. Efectivamente, una tonalidad roja sonaría mucho más grave que una violeta en el mundo sonoro debido a que el primero dispone de una longitud de onda mayor y una frecuencia menor que en la banda del segundo. Debido a lo comentado en el principio de este segundo apartado, aunque la luz se propagase a partir de moléculas manifiestas en el medio y aunque tuviese una transmisión de forma eminentemente longitudinal (como el sonido, en la dirección del eje de acción) y no transversal (arriba y abajo, de manera perpendicular, sucesivamente, con respecto al eje de acción), debido a la notable diferencia entre valores de frecuencias visibles y audibles, sería imposible percibir las ondas de la luz a través de la dimensión acústica de esta manera. La luz traducida a sonido comprendería la zona de los ultrasonidos. Habría que establecer, pues, un camino que permitiese hacer esa extrapolación para poder escuchar los estímulos provenientes de la luz, de la forma más natural y rigurosa posible, pero acorde a las exigencias sonoras que tiene el sentido humano.
3. La luz como partícula está compuesta por muchos fotones y agrupados en paquetes o cuantos de energía con diferentes longitudes y frecuencias de onda (estímulos sensoriales asociados por nuestro ojo a la traducción de unas determinadas sensaciones: 'colores'), mientras que el fenómeno sonoro se produce por la vibración de las moléculas que conforman un medio, ya sea en cualquiera de los tres estados fundamentales de la materia en nuestro planeta: gaseoso, líquido y sólido.

4. La luz se comporta desde el punto de vista de onda como una de carácter electromagnético (transmisión de energía en el vacío), mientras que el sonido pertenece a un fenómeno mecánico que necesita siempre de un medio para la transmisión de esa perturbación en el espacio. Como establece Hecht (2002): “Las ondas sonoras son **longitudinales** – el medio se desplaza en la dirección del movimiento de la onda. Las ondas (...) (y las electromagnéticas) son **transversales** – el medio se desplaza en una dirección perpendicular a la del movimiento de la onda” (p. 12). Las ondas sonoras y lumínicas actúan de forma diferente durante su transmisión en el espacio.

5. Desde el punto de vista de luz y del sonido asociado a la manera de percibir estos estímulos el ser humano; mediante los sentidos de la vista y el oído, respectivamente; nuestro oído es más sensible a la hora de determinar cambios y variaciones en los parámetros de las ondas (frecuencia y longitud de onda) que nuestros ojos en el sentido de la vista, que como ya hemos comentado, debido a su limitación y proceso de adaptación, en vez de diferenciar distintos tipos de líneas o bandas espectrales, agrupa un conjunto de éstas en siete áreas o regiones diferentes del espectro visible de la luz conocidas como “*colores del arcoíris*”. Siguiendo en esta línea argumental, Hecht (2000) comenta al respecto que “(...), no pudiendo el ojo distinguir siempre un blanco de otro; no puede analizar la frecuencia de la luz en sus componentes armónicos de la misma manera que un oído puede analizar un sonido” (p. 78), definiendo de esta manera mayores posibilidades que ofrece el sentido del oído frente al de la vista en este aspecto.

En cuanto a sus puntos de similitud:

1. Luz y sonido se comportan como ondas sinodales, como tal, éstas comparten variables dimensionales como frecuencia, amplitud y longitud de onda. La frecuencia es el número de ciclos o períodos que presenta una onda por segundo y permanece constante durante toda su existencia de manera natural. El parámetro que mide esta condición es el ‘*Hertzio*’. La amplitud son los distintos momentos o puntos de altura en la onda. Sin amplitud, no hay propagación de la misma. El parámetro asociado a esta variable es el ‘*decibelio (dB)*’. Por último, la longitud de onda es la indeterminación inversa de la frecuencia. Es la distancia que existe entre los diferentes ciclos o períodos dentro de la onda. Se mide en ‘*nanómetros (nm)*’, ‘*micrómetros*’, ‘*centímetros*’ o ‘*angstroms*’ (quizá, ésta última sea la más utilizada en astrofísica).

2. El sonido y la luz, al comportarse como ondas, se comportan de forma similar debido a su naturaleza física; esto es, se pueden reflejar y rebotar o pueden provocar efectos determinados al combinarse con otros fenómenos de onda dependiendo de si se hallan en fase (aumentaría la amplitud de la onda resultante al fusionarse estas dos individuales) o en contrafase, pudiendo

llegar incluso a anularse si sus pulsos se corresponden de manera contraria en los mismos puntos, estados o momentos del espacio y del tiempo. Así lo exponen Montwill y Breslin (2008) el fenómeno desfase o contrafase de una onda: “(...), and at others destructive interference (waves out of phase). (...). When we discuss Young’s experiment (...). Suffice it to say that it demonstrates a remarkable effect associated with waves, namely: light + light = darkness” (p. 17). Además, para el mundo del sonido, y en concreto, el aeronáutico, existen los denominados sistemas de cancelación de ruido, que consisten en la emisión de una onda acústica en contrafase que supone la simetría inversa de la onda original de ruido, esto permite que al hallarse en sus mismos puntos de amplitud sobre el mismo punto de transmisión pero de forma inversa, se produce la anulación o cancelación de esas dos mismas señales porque su resultado o fusión consiste en cero. Esto mismo lo exponen además en cuanto al fenómeno de contrafase en las ondas de sonido, Montwill y Breslin (2008), de la siguiente manera: “*Waves out of phase: the individual waves combine to give a total amplitude of zero*” (p. 173) mostrando, a su vez, un ejemplo de la aplicación de este tipo de fenómeno producido en ondas sonoras llevado a la praxis: “*Noise cancellation, i.e. active suppression of noise, is widely used by airline pilots to suppress high levels of low frequency engine noise*” (p. 205).

3. Como hemos introducido en el apartado anterior, al tratarse de ondas, existen comportamientos similares en cuanto a determinados contextos, como el que comentamos a continuación. La anulación de toda señal lumínica o luz que comprende el espectro visible humano implica obscuridad manifiesta, y en sonido supone el silencio. Es decir, diferentes términos para una misma condición: la inexistencia de señal. Cada definición del fenómeno es diferente atendiendo a su manera de manifestarse debido a las particularidades de cada elemento (luz o sonido), pero en esencia, el concepto es el mismo. Sin embargo; también podríamos considerar desde nuestra percepción que el universo es negro porque a pesar de que existe demasiado espacio por donde tardará mucho tiempo en volver a pasar una fuente de energía, si es que fuera así, también esto es producido debido a que nuestros ojos no pueden percibir ondas superiores (a partir de los rayos Uva) o inferiores (Infrarrojos) al espectro visible. De igual forma, si existiera un Universo sonoro, el mundo sería silencio porque a pesar de que podría existir mucho espacio entre los distintos puntos (y que no existe un medio como tal, por supuesto, sino el vacío [vacío es antónimo de nada]), también es cierto que podríamos interpretarlo silencioso porque habrían ultrasonidos (por encima de los 20.000 Hz) e infrasonidos (por debajo de los 20 Hz), indetectables para el espectro audible humano. Ad finis, tras comparar ambos universos, uno real y óptico y otro simulado y acústico, podemos comprobar como la correlación de términos luz-sonido en este sentido sería el siguiente: obscuridad igual a silencio; ‘*rayos ultravioleta*’, ‘*x*’, ‘*gamma*’ y ‘*cósmicos*’

serían ‘ultrasonidos’, por encima de los ‘20.000 Hz’ acústicos; ‘rayos infrarrojos’, ‘microondas’ y ‘ondas de radio’, igual a ‘infrasonidos’, por debajo de ‘20 Hz’.

Montwill y Breslin (2008) defienden esta idea: “‘Darkness’ means that there is enough light present in the visible spectrum to activate the eye. There may still be electromagnetic radiation of longer or shorter wavelengths” (p.14).

Efectivamente para nuestros sentidos, el universo es oscuro, pero, aunque el universo fuera tan sólo del tamaño de un campo de fútbol, si todo lo que encerrase dicho espacio fuese energía en forma de ‘ondas de radio’, ‘microondas’, ‘infrarroja’, ‘ultravioleta’, ‘gamma’ y ‘cósmica’, para nuestros ojos ese estadio de fútbol estaría completamente a oscuras, no se vería nada, entonces, ¿la oscuridad es algo subjetivo? Podría ser visto de este modo, o resultado en este caso de la adaptación humana a un concreto espectro de luz.

4. Volviendo al concepto de luz (electromagnética) y sonido (mecánica) como ondas, ambas comparten los principios de longitud y frecuencia de onda y de energía por ser en sí mismas, ondas; es decir, a mayor longitud de onda, menor frecuencia de onda y menor energía y viceversa. Por ejemplo, en luz, el ‘rojo’ dispondría de una mayor longitud de onda, menor frecuencia de onda y menor energía en relación al ‘azul’ que supondría este balance contrario. En sonido, un ‘infrasonido’ o acústicamente un ‘grave’ tendría una longitud de onda larga, frecuencia corta y poca energía, a diferencia de su antónimo: los ‘ultrasonidos’ o interpretación acústica en forma de ‘agudos’. Haciendo alusión a los ‘rayos gamma’ situados a un extremo del espectro electromagnético, Hecht (2000) manifiesta: “Se trata de las radiaciones electromagnéticas con la longitud de onda más corta y la energía más elevada (104 eV hasta unos 1019 eV)” (p. 80). En cuanto a ondas mecánicas en concreto, las del sonido, Montwill y Breslin (2008) demuestran con la siguiente explicación que las ondas sónicas desarrollan un comportamiento semejante al de las ondas electromagnéticas en cuanto a la cantidad de energía que pueden desarrollar dependiendo de su aumento o disminución de la frecuencia así como su concentración en un mismo punto: “Frequencies above 20.000 Hz are called ultrasound. (...). High power, well-focused ultrasound can create temperatures in excess 100oC (...), in the same way that a magnifying glass can be used to focus sunlight and burn holes in paper” (pp.195-201).
5. Para terminar, nuevamente, al tratarse de ondas, luz y sonido pueden ser reflejadas u absorbidas dependiendo de las características de los diferentes materiales que compongan la superficie de un cuerpo. Es decir, es posible, de esta forma, alterar, condicionar o conducir la dirección de una onda. Al igual que también es posible amplificarla en diferentes puntos del espacio.

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. OBJETO FORMAL

El estudio principal de esta investigación está orientado al entendimiento de los colores de la luz o estímulos cromáticos relativos a esta dimensión y su transposición y resultado final al convertirlos en sonido y viceversa.

El tipo de perspectiva académica con el que se ha realizado el estudio de los mismos responde al área de conocimiento de la empírica, la lógica, y en concreto: la física (óptica y optometría y acústica).

3.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

A la hora de llevar a cabo la investigación se han planteado las diferentes consideraciones, dudas y cuestiones que han sido presentadas durante el proceso de estudio y comprensión de la luz y el sonido:

1. ¿Cómo funcionan la “*Escala Sonocromática Pura*” y la “*Musical*” de Neil Harbisson?
2. ¿Neil Harbisson establece parámetros empíricos próximos de conversión entre los colores luz y las frecuencias de sonido o su escala se aproxima más al concepto de la sinestesia?
3. ¿Es realmente posible convertir los patrones cromáticos de la luz en sonido?
4. ¿Si cada color tiene una frecuencia determinada, cómo es posible que ninguna referencia científica acuerde una coordenada precisa y exacta para cada color expresado en una frecuencia y longitud de onda determinada?
5. ¿Qué es el blanco y qué el negro? ¿Verdaderamente existen?
6. ¿El negro es una frecuencia y longitud de onda determinada dentro del espectro visible?
7. ¿Sería laudable, si fuera posible tener unos patrones cromáticos de la luz sonoros, establecer un método de aprendizaje para invidentes?
8. ¿Podrían hacerse cuadros sonoros a partir de los referentes plásticos?
9. ¿La conversión luz y sonido sólo afecta en cuanto a las unidades medibles de frecuencia?
10. ¿Es viable hablar de una traducción de las notas musicales para la localización de éstas dentro del espectro visible de la luz?
11. ¿Qué velocidad aplicar al sonido o qué medio escoger para realizar su conversión procedente de la luz?
12. ¿Qué son los “*agujeros negros*” y las “*lentes gravitacionales*” o “*anillos de Einstein*”?
13. ¿Qué son las “*Líneas de Fraunhofer*”?

14. ¿Qué son las “*Líneas de Emisión y de Absorción*”?
15. ¿Qué es el “*Efecto Doppler*” y cómo afecta a la luz y al sonido?
16. Por último, ¿si podemos observar las estrellas del cielo mediante su fulgor, y el color de su brillo (*‘espectroscopía’*), podría llevarse a cabo esta traducción a sonido, y de esta forma, representar y conocer desde el punto de vista sonoro, su comportamiento?

3.3. OBJETIVOS

3.3.1. OBJETIVOS GENERALES

Los principales propósitos dentro de esta investigación, son:

1. Comprender la realidad visual y sonora y de esta forma, generar un nuevo sistema de comunicación basado en la articulación de mensajes ópticos, transportados en esencia a sonido.
2. Descubrir las similitudes y entender las diferencias entre luz y sonido.
3. Mejorar la calidad de vida de las personas invidentes y de aquellas que presentan dificultades a la hora de percibir el mundo sensible a partir de la luz y de la vista.

3.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A partir de los objetivos arriba enunciados, se ha procedido a profundizar más en la materia de la óptica y la acústica para tratar de cumplir con la finalidad de esta investigación que es determinar si es compatible o no realizar una conversión de la luz en sonido. Sean, así, pues, los siguientes objetivos:

1. Interpretar las contribuciones artísticas y sonoras que previos artistas plásticos y compositores realizaron para la evolución y desarrollo del Arte Sonoro.
2. Mejorar y continuar con el legado de anteriores generaciones de investigadores y sus estudios en materias de color y sonido.
3. Discernir la *‘Escala Sonocromática Pura’* y la *‘Musical’* de Neil Harbisson.
4. Crear una propuesta que apueste por una conversión luz-sonido basada en consideraciones empírico-científicas para su aprobación universal y su establecimiento como vehículo institucional.
5. Concluir con el debate negro-blanco mediante una representación de ambos en cada sentido.
6. Proponer dicha conversión entre luz y sonido, apoyar un método de aprendizaje para invidentes que les ayude a comprender desde el aspecto sonoro la dimensión luminosa de los colores, así como a distinguirlos y diferenciarlos en cuadros sonoros.
7. Generar una fórmula que permita, al menos, desde el aspecto cromático, unas directrices para conllevar arte sonoro, o también una traducción de cuadros previamente visuales en sonido para conseguir la visualización de estos por parte de los invidentes desde el aspecto sonoro, y aportar al resto la posibilidad de receptor y percibir una misma realidad-objeto (cuadro), desde otra perspectiva u otros estímulos dimensionales.

8. Establecer una morfología sonora mediante la codificación de patrones ópticos y su posterior transformación a sonido que resulte en nuevos sistemas de referencia, ya aplicados a este nuevo sentido.
9. Proponer el fomento de esa gramática sonora eminentemente a personas que presenten discapacidades visuales severas, y en general, a un colectivo amplio de personas que estuvieran dispuestas e interesadas en recibir estímulos apropiadamente ópticos en sonido a través de su traducción transdimensional.
10. Permitir el disfrute del Arte más ligado al fenómeno óptico y pictórico como pueden ser cuadros e imágenes, con miras hacia un futuro lumínico-sonoro.
11. Realizar cuadros sonoros a partir de esta investigación.
12. Crear o en su defecto, proponer un nuevo tipo de arte basado en la profundización en el estudio de patrones sonoros en consecuencia de los ya existentes en el mundo óptico, para así, derivar en directrices artísticas que permitan el disfrute multisensorial no sólo de personas invidentes, sino también del resto de individuos. Que sirva para enriquecerles en cuanto a experiencia sensorial y percepción de la realidad. A consecuencia de todo ello, se espera inspirar con este trabajo a nuevas generaciones de artistas y músicos a continuar y formar parte de una “*Nueva Era Digital*”.
13. Establecer una comparativa entre colores luz, transportados a sonido, y las frecuencias de las notas musicales.
14. Realizar una propuesta músico-cromática acorde al objetivo anterior, que sirva de referente a la hora de futuras composiciones melódicas e instrumentales. De forma contraria, mediante esta propuesta comparativa entre color y música, poder realizar un análisis cromático a partir de partituras musicales que ya han sido escritas, para determinar la presencia de posibles colores espectrales desde el punto de vista sonoro.
15. Ayudar a personas invidentes a poder, mediante la instrucción previa de patrones sonoros provenientes del mundo óptico, decodificar mensajes y a ‘visualizarlos’ desde otra perspectiva que tenga como canal, el sentido del oído.
16. Determinar si sería posible representar el esplendor de las estrellas mediante la conversión entre luz y sonido a partir de los colores y demás parámetros lumínicos.
17. En última instancia, probar si, en base a lo comentado en el objetivo anterior, esta conversión y traducción de la luz pudiera servir para mejorar la comprensión del Universo (cuerpos estelares, agujeros negros...).

3.4. HIPÓTESIS

3.4.1. GENERALES

Las siguientes afirmaciones engloban la entidad de la presente investigación:

1. Se establece una conversión de la luz en sonido.
2. Los colores al igual que vistos, también pueden ser escuchados.

3. El futuro del Arte radica en la “*multiexperiencia sensorial*”.
4. Es posible “*pintar*” cuadros sonoros a partir de sus referentes plásticos.
5. Se puede percibir la realidad visual en sonido.
6. La luz y el sonido son ondas.

3.4.2. ESPECÍFICAS

A raíz de las anteriores conjeturas, devienen las que abajo exponemos:

1. Las Escalas Sonocromáticas Pura y Musical de Neil Harbisson han tenido un valor fundamental a la hora de llevar a cabo la presente investigación; sin embargo, presentan limitaciones y es necesario, en base a su revisión, la realización de nuevos estudios que aborden con mayor detenimiento la naturaleza de la luz y del sonido.
2. Es coherente hablar de una conversión de la luz en sonido y viceversa, si a colores nos referimos. Mediante las frecuencias de la luz y del sonido, en su asunción como ondas.
3. Aunque la luz no necesite de un medio para propagarse y en cambio el sonido sí, podemos establecer igualmente la conversión teniendo en cuenta éstas y otras consideraciones.
4. Si los colores son coordenadas cromáticas expresadas en valores de frecuencia y longitud de onda, también lo serán en sonido.
5. Si la luz viaja en TeraHertzios y el sonido en Hertzios, este segundo tiene una energía de transmisión por el medio equivalente a ‘ $1 = 1 \times 10^{12}$ ’ con respecto a la luz, que no necesita de un medio para transmitirse, en cambio.
6. Para convertir los estímulos cromáticos propios de la luz en sonido habrá que tenerse en cuenta la variable de la velocidad debido a la influencia que ésta ejerce sobre los valores de frecuencia y longitud de onda. En la luz, la transmisión de la onda se produce a una velocidad de ‘ $299.792.458 \text{ m/s}$ ’, mientras que el estándar de la velocidad del sonido en el aire a una temperatura de 20° aprox. es de ‘ 343 m/s ’.
7. El color blanco es la unión de todos los colores de la luz y el negro es la ausencia de señal o la no recepción de señales que se encuentren en el espectro visible de la Luz. Esta traducción en sonido sería la no captación de estas coordenadas cromáticas espectrales sonoras, de acuerdo a las lumínicas.
8. El blanco transformado en sonido sería resultado del tratamiento de lo que conocemos por ruido blanco, su acotación con respecto al espectro visible de la luz traducido a sonido, y las absorpciones necesarias correspondientes con las “*Líneas de Fraunhofer*” en luz, a sonido.
9. Si las notas musicales son frecuencias de sonido y podemos obtener las frecuencias de la luz en sonido, podremos compararlas y establecer el color de cada nota.
10. Si las estrellas absorben coordenadas cromáticas y hemos podido trabajar previamente con éstas en cuanto a la limpieza del ruido blanco para obtener la luz blanca pura en sonido, también podremos realizar este proceso con las coordenadas cromáticas del espectro visible.

3.5. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta investigación, ha sido necesaria una amplia documentación empírica basada en concepciones de la luz (óptica y optometría) y del sonido (acústica).

3.5.1. UNIVERSO Y MUESTRA DE ANÁLISIS

3.5.1.1. UNIVERSO

Existen muchos tipos de radiaciones electromagnéticas; no obstante, la escogida para el presente trabajo ha sido la relacionada con el espectro visible de la luz debido a las implicaciones que ésta supone; es decir, ésta es la única que puede ser percibida por el ser humano ya que es la que está presente en su totalidad en la atmósfera terrestre. Nuestra forma de percibir los colores desde la perspectiva óptica se debe a la capacidad de adaptación que ha sufrido el hombre a lo largo de los años para receptor estos estímulos.

Habiendo tenido en cuenta este punto, se seleccionó un universo de individuos que no dispusiesen de la capacidad de poder recibir esta serie de estímulos visuales y en base a estos, se consideró la posibilidad de deducir una alternativa para su percepción, una que permitiese a los siguientes individuos la capacidad de visionar estímulos procedentes de la dimensión óptica para que estos pudiesen llegar a sentir estas sensaciones sin la necesidad de tener que verlos. De esta forma, podrían, estos individuos, comprender y disfrutar de patrones y formas que se encuentran en el panorama de la luz.

Se optó de todos los sentidos por el del oído, ya que es el segundo más desarrollado por el ser humano, incluso superando al de la vista en ciertos aspectos, capacitándole para comprender aspectos que forman parte del mundo invisible, como son: los sonidos. Además, el oído, percibe perturbaciones en el medio, u ondas, como hacen de la misma forma los ojos con la luz. Cada color del espectro visible corresponde a unos intervalos de ondas que nuestros ojos agrupan en zonas o sectores. El oído, podría, también comprender esta serie de estímulos, si fuese posible ser traducidos a ondas auditivas.

3.5.1.2. MUESTRA

Para la realización de la muestra se seleccionaron como hemos comentado en el apartado anterior, sólo bandas ópticas correspondientes a la zona del espectro visible de la luz, debido a que ésta es la única que recoge las sensaciones visuales o colores que comprenden el objeto formal de la investigación.

Aparte de esto, se han tratado de ubicar cada una de las coordenadas cromáticas pertenecientes al mismo espectro en forma de intervalos numéricos expresados en frecuencias y longitudes de onda para delimitar cada uno de los colores en su respectiva área zona cromática de la luz.

Después de este proceder, se ha llevado esta muestra de intervalos numéricos a la dimensión sonora, a partir de conceptos teóricos basados en el comportar de la luz y el

sonido. Tomando como referencia siempre los estímulos cromáticos de la luz, para conseguir una conversión fiel, basada en la nomenclatura de esta dimensión y adaptada a sonido. De esta forma, podemos llegar a conocer cómo es el comportamiento de los colores propios del espectro lumínico en el campo acústico.

Una vez determinado el comportamiento de ambas dimensiones, se procede a su transformación en ondas acústicas, teniendo en cuenta que lo que vamos a representar es mediante y durante el movimiento de moléculas presentes en el medio del aire, y no de fotones o partículas cuánticas de la luz. Cuando obtengamos los valores de onda en Hertzios (dentro de una escala audible para el ser humano [entre 20 y 20.000 Hz]) procedentes de los que se hallaban originalmente en TeraHertzios (en la dimensión de la luz), procederemos a realizar un cambio en los valores numéricos para adaptar la velocidad proveniente de la luz, en sonido.

Con la muestra de coordenadas cromáticas de la luz expresadas en valores de intervalos numéricos ya convertidos a Hertzios audibles por el oído humano y con el cambio de variable de la velocidad de la luz por la del sonido en el aire, compararemos éstas con las notas musicales. Para ello, estudiaremos y anotaremos previamente las frecuencias procedentes de la notación musical y, simplemente, haremos una valoración de ambas tablas: la de las ondas cromáticas de la luz convertidas a sonido y adaptadas a una escala humana de percepción en valores de coordenadas (frecuencias y longitudes de onda) y las de las notas musicales y sus frecuencias correspondientes. De este proceder, estableceremos la ubicación de cada nota musical dentro del espectro visible de la luz, y del resto, su ubicación fuera del mismo tanto por debajo (infrarrojos, microondas, ondas de radio...) como por encima (ultravioleta cercano, ultravioletas, rayos x, rayos gamma...). A través de la ubicación de las notas musicales dentro del espectro visible de la luz ya convertido en audible, podremos aplicar esta revisión a la hora de generar un análisis cromático en las partituras musicales ya escritas, para determinar la crominancia de los mismos. Es decir, un análisis lumínico sobre un soporte eminentemente acústico. Además, podrían escribirse futuras partituras musicales y composiciones sonoras a partir de esta identificación cromática luz-sonido.

Paralelamente a esto, con la muestra cromática de la luz traducida ya en colores sonoros, podremos aplicar la técnica de reproducción cosmológica, o a partir del fulgor de los astros. Mediante el brillo emitido por éstas según los parámetros de coordenadas cromáticas acordes al espectro óptico de la luz y al código de espectroscopía que poseen los tipos de estrellas según sus líneas de absorción, llevaremos a cabo una sonificación de las mismas. No obstante; habría que reproducir antes la dimensión de luz blanca, o de señal que recoja todo el espectro visible de la luz en sonido y frente a la problemática de generar una onda compuesta por infinitas líneas de emisión acorde a cada línea espectral. Lo mejor será llevar a cabo la construcción sonora de un espectro natural como el “*ruido blanco*” delimitándolo conforme a los extremos naturales que tiene la luz visible traducidos a sonido, así como las líneas de absorción que tiene el Sol por defecto, o “*Líneas de Fraunhofer*”. Una vez conseguido esto, con nuestra última muestra de la señal de la luz visible convertida en sonido, podremos aplicar forma a nuestro patrón acorde a

las gráficas de emisión de cada tipo de estrella y según sus líneas de absorción o de Fraunhofer para cada estrella.

Aparte de lo comentado anteriormente, como ya hemos obtenido la nueva muestra que supone la última parte de la investigación, o la luz blanca sonora, podremos representar bandas de absorción de los elementos, y no sólo las de emisión de los mismos como previamente hubiésemos considerado. De esta forma, obtendremos una conversión luz-sonido, capaz de realizar un estudio futuro aplicado a los enigmas del Universo. Representando, así, lo invisible. Tales como las ondas gravitacionales.

3.5.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.5.2.1. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

En este primer apartado se ha dedicado la investigación de la luz a comprender su funcionamiento, así como el sentido físico de las ondas que intervienen en su proceso, y de las partículas responsables de su transmisión (fotones).

Durante el período de tesis doctoral, el autor consultó más fuentes, en este caso, de contenido audiovisual donde se explicaba el funcionamiento del Universo: la formación de estrellas, el comportamiento de la luz a lo largo del tejido del espacio-tiempo, la creación del Sistema Solar, así como la forma de ser de un agujero negro....

Desde el punto de vista pragmático, la asistencia a diversos congresos durante la estancia del autor en el Centro de Astrobiología le valió para mejorar su comprensión acerca del Cosmos. También la experimentación digital por parte del autor con respecto a las ondas de luz y los colores con el programa WolframAlpha, recomendado por el profesor Javier Alda Serrano, y a las ondas de sonido con el programa Adobe Audition.

Y, finalmente, cuando se avanzó en la investigación, comprobar los datos obtenidos en cuanto a conversión lumínico - sonora con las contribuciones realizadas por artistas, músicos y científicos, previos al estudio.

3.5.2.2. TÉCNICAS DECLARATIVAS

En un segundo momento, y a raíz de ese encuentro entre el autor y el experto en óptica y optometría: Javier Alda Serrano, el autor tomó a cabo diversos testimonios del mismo, apuntes y nociones que éste le explicó a la hora de comportarse las ondas que intervienen en el proceso de la luz.

Gracias a diversas reuniones a partir de este punto, así como a los manuales que le recomendó el profesor, el autor pudo entender y esclarecer mejor la dinámica de la luz. También, el profesor le contó que existían ciertas investigaciones sobre “*sonificación*” de la luz mediante pulsos eléctricos, aunque el autor no se mostró muy interesado en esa área, ya que, según él, no era en realidad convertir luz en sonido o representarla, sino escuchar el ruido que produce ésta en ciertos campos de energía y en determinadas situaciones.

No obstante; se prosiguió con las entrevistas y el profesor le siguió dando indicaciones sobre el fenómeno de la luz y también ciertas nociones sobre acústica, aunque básicas. Para esta parte, el autor tuvo que recurrir a manuales de física centrados en el estudio de las ondas del sonido: '*la acústica*'. Por último, le asesoró acerca del fenómeno de la espectroscopía y el funcionamiento de las estrellas. El hecho de que se haya planteado como futura línea de investigación el entendimiento de fenómenos cosmológicos a partir de su traducción a sonido, tiene, su origen durante estas conversaciones con el profesor.

Durante la estancia del autor en el Centro de Astrobiología (CAB), realizar consultas y mantener conversaciones con los investigadores del Centro, así como presentarles y preguntarles acerca del proyecto y de los sonidos y su significado en cuanto a traducción se refiere, ayudó mucho a perfilar ciertos matices a la hora de trabajar con los elementos sonoros y de perfeccionar la técnica.

3.5.2.3. TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN

Desde el punto de vista de la observación, ha existido carencia desde el principio. Experimentar con haces de luz requiere de la utilización de instrumentación óptica como lentes o espejos, muy costosa y delicada, de difícil alcance de estudiantes de la materia, más aún de ajenos al área de la optometría y del Espacio. No obstante; el profesor Javier Alda Serrano le mostró al autor, muy al principio de sus encuentros diferentes lentes que emitían determinadas coordenadas cromáticas o frecuencias y longitudes de onda (verde, rojo, azul, amarillo). Debido a la fragilidad y al alto coste de éstas, el autor pudo verlas en contraste con la luz de los focos débiles que iluminaban la estancia. Exponer dichas lentes a haces de luz potentes supone un deterioro para éstas y en realidad, ya existían soportes digitales documentales que permitían la simulación de la luz con estas lentes. Por este motivo, el autor ha sido mayormente observador participante a la hora de experimentar sobre todo con el sonido, a la hora de convertir patrones cromáticos lumínicos en acústicos.

La observación participante y observante se han fusionado en determinados momentos de la investigación en un único unívoco, sobre todo, a la hora de representar la luz blanca, los colores y el patrón cromático de las estrellas en sonido.

3.5.2.4. OTRAS TÉCNICAS

Para la investigación y mejora en la comprensión del fenómeno de la luz y del comportamiento de la cosmología ha sido necesario seguir muy de cerca documentos audiovisuales, de corte: simposios como el descubrimiento y la conversión a sonido de las ondas gravitacionales, documentales ("*How the Universe Works*" y "*Strip the Cosmos*") y películas como "*Interstellar*", en ciertos casos. De esta forma, y de la mano de las explicaciones de grandes investigadores, ha sido posible obtener una visión más amplia del funcionamiento del Universo, así como dinamizar y agilizar procesos de

razonamiento y deducción a la hora de desarrollar nuevas preguntas y cuestiones que devienen de la naturaleza de la propia investigación.

Por último, el autor ha seguido una metodología basada en una elaboración en cadena de “*pregunta-respuesta*”. Ante una finalidad tan compleja como querer convertir la naturaleza de una dimensión en otra (colores aplicados en luz y su posterior sentido en sonido) y estudiar sus manifestaciones derivadas de ésta, hay que llevar a cabo un continuo procedimiento basado en la dinámica de la curiosidad. Pautas que han de proseguir y nunca cesar en preguntarse a uno mismo. Revisión tras revisión, y anotación tras anotación en diversas agendas y cuadernos que siempre han sido llevados a todos lados, de tal forma, que el proceder ha sido una inmersión total, por parte del autor durante los seis años de investigación. En ningún momento se puede descartar ninguna hipótesis, afirmación o idea, porque nunca se sabe a dónde puede llevar. Cada nueva teoría, debía ser apuntada y posteriormente revisada y analizada para considerarla asumible o irreversible.

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Llevando a cabo todo lo puesto expuesto anteriormente, se han deducido los diferentes análisis y su posterior interpretación de datos.

4.01. ANÁLISIS. ESCALA SONOCROMÁTICA PURA DE NEIL HARBISSEON Y ESCALA PROPUESTA POR EL AUTOR

En esta primera parte de la investigación establecemos una revisión de los intervalos que componen la Escala de Neil Harbisson en cuanto a frecuencias (Escala Sonocromática Pura) con los intervalos de frecuencias anotados y facilitados por el programa de simulación digital que anunciábamos previamente en los apartados que comprenden la metodología del estudio.

Siendo, pues, la siguiente Escala Sonocromática aportada por el investigador acromatópsico, Neil Harbisson, procederemos a su estudio e interpretación de sus datos.








PURE SONOCHROMATIC SCALE		
(invisible)	Ultraviolet	Over 717.591 Hz
	Violet	607.542 Hz
	Blue	573.891 Hz
	Cyan	551.154 Hz
	Green	478.394 Hz
	Yellow	462.023 Hz
	Orange	440.195 Hz
	Red	363.797 Hz
(invisible)	Infrared	Below 363.797 Hz

Figura 47. Color y ondas sonoras (E. Sonocromática Pura de Neil Harbisson). Fuente: Melovida (s.a)

Ahora, expondremos los siguientes valores interválicos anotados y proporcionados por la aplicación de medición del programa en línea WolframAlpha.








Color	Longitud de Onda (nm)	Frecuencia de Onda (THz)	Apariencia en el Espectro
Rojo	750 ≈ 620	400 ≈ 484	
Naranja	620 ≈ 585	484 ≈ 512	
Amarillo	585 ≈ 560	512 ≈ 535	
Verde	560 ≈ 500	535 ≈ 600	
Cian	500 ≈ 480	600 ≈ 625	
Azul	480 ≈ 450	625 ≈ 666	
Violeta	450 ≈ 380	666 ≈ 789	

Tabla 3. Coordenadas cromáticas de los colores. Fuente: Elaboración propia a partir de Wolframalpha.

La conversión entre longitudes de onda y nanómetros se realiza a partir de la siguiente fórmula en la que la *velocidad de la luz* es representada con “c” y es igual al producto de la *frecuencia de onda* expresada con λ por la *longitud de onda*, representada con ν (v):

$$c = \lambda \times \nu$$

*Siendo $c = 299.792.458 \text{ m/s}$

Podemos, despejando una de las dos incógnitas, o “ v ” o “ λ ” y manteniéndose la velocidad de la luz siempre constante, hallar o la longitud de onda en cuyo caso colocaremos como término independiente “ v ” o de forma contraria, la frecuencia de onda “ λ ” de una señal electromagnética.

$$\lambda = \frac{c}{v}$$





$$v = \frac{c}{\lambda}$$

A consecuencia de los datos introducidos a partir del programa WolframAlpha, procederemos a aplicar ahora estas conversiones en frecuencias audibles o escala de Hertzios, debido a que nuestro espectro auditivo es limitado y sólo puede comprender frecuencias que oscilan entre los 20 y 20.000 Hz, aproximadamente. Siguiendo una reducción de 1 Hz es a 1×10^{-12} , que es igual a 0,000000000001 THz. En la siguiente tabla se muestran los siguientes factores de conversión, tomando como punto de partida el TeraHertzio, hasta llegar al valor del Hertzio.

Valor Literal	Abreviatura	Equivalencia Numérica	Notación Científica	Luz // Sonido
TeraHertz	THz	1.000.000.000.000	1×10^{12}	Visible
MegaHertz	MHz	1.000.000	1×10^6	No Visible // No Audible
KiloHertz	KHz	1.000	1×10^3	Audible hasta 20×10^3
Hertz	Hz	1	1×10^0	Audible

Tabla 4. Diferentes unidades de medida de frecuencia de onda. Fuente: Elaboración propia

Esto es, tal reducción sería la escala que utilizaríamos a la hora de realizar este primer proceso de conversión lumínico-sonora, de tal forma que en un mapa, si 1cm equivale a 1 Km en escala real en el campo de la cartografía, 1 Hz, equivaldrá a 1 THz de la realidad en este modelo de extrapolación. Resultando, pues, la siguiente escala ya con las coordenadas cromáticas en Hertzios:

Coordenadas Cromáticas Iniciales (luz)	Coordenadas Cromáticas en Hz	Apariencia en el Espectro
400 \approx 484 THz	400 \approx 484 Hz	
484 \approx 512 THz	484 \approx 512 Hz	
512 \approx 535 THz	512 \approx 535 Hz	
535 \approx 600 THz	535 \approx 600 Hz	




600 ≈ 625 THz	600 ≈ 625 Hz	
625 ≈ 666 THz	625 ≈ 666 Hz	
666 ≈ 789 THz	666 ≈ 789 Hz	

Tabla 5. Relación entre coordenadas cromáticas lumínicas y sonoras. Fuente: Elaboración propia

Hasta este punto es al que se llegó hasta mediados de 2018, donde se encontró que debía producirse una escala de conversión más, aplicando las variables de velocidad, teniendo como especial discrepancia entre luz y sonido su propagación a través del espacio-tiempo, manifiesto en diferentes valores numéricos de metros por segundo. Es decir, los anteriores valores convertidos a escalas audibles siguen conservando en esencia la velocidad de la luz, pero, si pretendemos hacer una traducción de estos a la dimensión del sonido, habremos de respetar las condiciones de este nuevo universo. La velocidad de la luz, como ya comentábamos era de 299.792.458 m/s, mientras que para el sonido, su transmisión por el medio aéreo a una temperatura media de 20°C aprox. (el medio y sus condiciones determinan radicalmente su estado-dispersión en espacio-tiempo) es de 340,27 m/s (valor patrón dado por WolframAlpha). Ergo, es preciso, ad hoc, convertir los valores propuestos en la tabla anterior, adaptándolos a la velocidad del sonido.

Para ello, procederemos a convertir cada coordenada cromática original de la luz, aplicando el cambio de variable y mediante una proporción directa: “Si la frecuencia es el resultado del número de ciclos u oscilaciones por segundo que manifiesta una onda, podemos deducir, entonces, que *a mayor energía cinética, mayor será el valor de la misma*”.

Por ejemplo, al convertir los intervalos cromáticos asociados a la zona que comportan los rojos a velocidad de sonido, se establece la siguiente relación directa:

Si,

$$(D) 400 \text{ THz} \approx 484 \text{ THz} = 299.792.458 \text{ m/s}$$

$$(D) x\text{THz}_s \approx y\text{THz}_s = 340,27 \text{ m/s}$$

$$(D) \frac{340,27 \text{ m/s} \times (400 \text{ THz} \approx 484 \text{ THz})}{299.792.458 \text{ m/s}} = (x\text{THz}_s \approx y\text{THz}_s)$$

De tal forma, podríamos averiguar a qué valores de frecuencia corresponde el rojo en sonido, tras haber aplicado el cambio de constante, que es en este caso, la velocidad de la luz, por la velocidad del sonido.

Es decir, los valores de frecuencia resultantes sonoros entre los límites asociados a las coordenadas cromáticas que comprenden el rojo dentro del espectro visible, acorde a la velocidad que rige esta nueva dimensión y teniendo en cuenta las singularidades de la conversión propuesta en el trabajo, son de:

454 Hz y 549 Hz para el espectro audible del sonido.

También, podemos establecer una fórmula que unifique las dimensiones, sólo desde la naturaleza de ondas sinodales, a pesar de sus diferencias, pues, como ondas, comparten las mismas variables. Siendo, pues, la relación con la previsión de ser dimensiones totalmente diferentes, luz y sonido, y sus magnitudes en órdenes diferentes, sea, pues, las siguientes fórmulas derivadas de lo expuesto anteriormente:

$$\lambda_{lux} = \frac{c}{v_{sonus}}$$

$$v_{lux} = \frac{c}{\lambda_{sonus}}$$

$$\lambda_{sonus} = \frac{c}{v_{lux}}$$

$$v_{sonus} = \frac{c}{\lambda_{lux}}$$

No obstante; según el consejo del experto en óptica y optometría: el Prof. Javier Alda Serrano, sería conveniente reducir las expresiones anteriores a una única que simplifique el concepto y permita visualizar de mejor forma el cambio de unidades que se debe de realizar para conseguir la conversión con éxito. La fórmula, sería la siguiente:

$$\text{Si } C = \lambda \times v$$

$$\text{Y } c_s = \lambda_s \times v_s$$

Entonces, la relación sería la siguiente:

$$\frac{C}{c_s} = \frac{\lambda \times v}{\lambda_s \times v_s}$$

$$\frac{C}{c_s} = 881.042,8718370706 \text{ m/s}$$

Luego, teniendo el valor que relaciona ambas velocidades, podemos multiplicar esta constante por frecuencias o longitudes de onda tanto de luz como de sonido para obtener la correspondiente de forma alternativa en la otra dimensión.

(E.g): Si tenemos 454 Hz, para conocer su valor correspondiente en luz, habría que:

$$454 \text{ Hz} \times 881.042,8718370706 \text{ m/s} = 399.993.463,81403 \text{ THz}$$

$$399,99346381403 \text{ THz} \approx 400 \text{ THz.}$$

Es decir; en esta conversión hemos realizado el proceso contrario al que exponíamos más arriba. Partiendo de sonido, para hallar su nomenclatura en luz.

Con esta conversión, podemos establecer la unión entre luz y sonido de forma matemática, desde el punto de vista de éstas en su comportar como ondas, pero nunca desde el punto de vista corpuscular ni a relación de unidades de medida. Como hemos comentado en el apartado teórico, la luz y el sonido son dos dimensiones diferentes, con magnitudes y cuerpos diferentes. No obstante, desde el punto de vista de las ondas, estas dimensiones comparten variables asociadas a este sentido como son la frecuencia y la longitud de onda, es por ello, que es laudable proponer esta relación para entender desde el fenómeno sonoro cómo funciona la luz y viceversa.

Volviendo al principio, donde establecíamos la primera tabla de los colores del arcoíris según sus intervalos y localizaciones en el espectro visible de la luz, y, tras haber comentado el desarrollo inmediatamente anterior, se expone la siguiente tabla en la que se establecen las relaciones de intervalos para cada color o área cromática dentro del espectro visible, de acuerdo con el cambio de constante (velocidad) entre luz y sonido.








C. Cromáticas Iniciales (Luz)	C. Cromáticas en Hz	C_{sonido} (Aire)	C. Cromáticas Finales (Sonido)	Apariencia en el Espectro Visible
400 ≈ 484 THz	400 ≈ 484 Hz	340,27 m/s	454 ≈ 549 Hz	
484 ≈ 512 THz	484 ≈ 512 Hz	340,27 m/s	549 ≈ 582 Hz	
512 ≈ 535 THz	512 ≈ 535 Hz	340,27 m/s	582 ≈ 608 Hz	
535 ≈ 600 THz	535 ≈ 600 Hz	340,27 m/s	608 ≈ 681 Hz	
600 ≈ 625 THz	600 ≈ 625 Hz	340,27 m/s	681 ≈ 709 Hz	
625 ≈ 666 THz	625 ≈ 666 Hz	340,27 m/s	709 ≈ 756 Hz	
666 ≈ 789 THz	666 ≈ 789 Hz	340,27 m/s	756 ≈ 895 Hz	

Tabla 6. Coordenadas cromáticas lumínicas y su traducción final en sonido. Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los valores de frecuencia de la luz para el sonido, podemos determinar la posibilidad de generar la búsqueda de los colores/no colores: blanco y negro.

4.02. ANÁLISIS. COLOR BLANCO

Como introducíamos en los primeros apartados de la investigación, el blanco, es, la unión de todos los colores de la luz que comprenden el espectro visible; es decir, efectivamente, el color blanco es el espectro visible de la luz. Por ello, una vez comprendido este hecho, resulta más sencillo encontrar una conversión de este espectro visible de la luz en sonido.

Para llevar a cabo el procedimiento, podemos optar por dos alternativas posibles para la consecución del blanco, o bien, la reunificación de todos los colores del espectro en una

única singularidad, o partiendo de cero y creando un único concepto de blanco que no ha sido desfragmentado.

De entre las dos opciones, la que más ha conservado la esencia del ente natural ha sido la segunda. Esto es debido a que, en realidad, en sonido, estamos superponiendo unas frecuencias con otras sin tener en cuenta el nivel de presencia de cada espectro dentro del mismo. Sin embargo; partiendo de cero, esa problemática ya no existe, ya que resulta de forma natural dentro de la envolvente.

Para la obtención del espectro visible de la luz transformado en sonido se ha debido seleccionar un espectro procedente del mundo sonoro que, de igual forma que el espectro electromagnético total, comprenda todo el rango de espectros de frecuencias: ese espectro único es el “*ruido blanco*”. Su nombre, proviene, precisamente del concepto de la luz ya que éste recoge todos los espectros audibles (tal y como lo haría el espectro electromagnético total, para el mundo óptico). No obstante, al recoger todos los espectros posibles de la luz aplicados dentro del mundo sonoro, es preciso acotar los límites de este espectro teniendo en cuenta la traducción de estas fronteras procedentes de la luz visible, ya convertidas en sonido.

Después, aunque ya contengamos el espectro de la luz visible convertido en sonido, es necesario realizar unos ajustes previos para hablar propiamente de luz blanca tal y como la conocemos. Estos ajustes tienen que ver con las “*Líneas de Fraunhofer*” o bandas o coordenadas espectrales dentro del propio ente de la luz que ocupan huecos o vacíos, puntos de obscuridad que llenan de vetas o agujeros la propia luz. Para poder generar estas traducciones, es preciso conocer las coordenadas cromáticas o ubicaciones dentro del espectro visible de la luz que ocupan estas regiones de obscuridad (tal y como hicimos con los límites del espectro visible), acordes a la dimensión sonora con las conversiones matemáticas que se han desarrollado en el epígrafe de más arriba. Una vez obtenido esos puntos convertidos en sonido que exponemos a continuación, producimos silencio en esas coordenadas dentro del espectro muestral con el que ya habíamos trabajado (el del ruido blanco acotado a partir de los límites visibles de la luz traducidos ya a sonido) ya que la obscuridad es el silencio en sonido, de hecho, en cualquiera de las dimensiones es la consecuencia de la ausencia de señal o información.

Una vez aplicadas las correcciones oportunas, sí podremos hablar de una muestra de color blanca sonora acorde a la realidad de la luz visible. A partir de este momento, sí seremos capaces de sonificar los colores de la luz o del arcoíris, ya que podremos acotar (de igual forma que hicimos con el ruido blanco para convertirlo en una muestra primitiva de color blanco) entre intervalos, cada subespectro, área o color dentro del blanco para comprender las siete regiones diferentes. Por ello, la importancia de los intervalos en luz traducidos a sonido cobra sentido. Si no hubiese una muestra espectral única, el valor de los intervalos no tendría ningún sentido.

4.03. ANÁLISIS. COLOR NEGRO

El color negro es, como hemos introducido anteriormente, un “*no-color*”, alternativo al blanco. Lo que entendemos como “*negro*”, es, a priori, la no emisión o reflexión de ningún tipo de información lumínica que comprenda el espectro visible. No obstante; hay que considerar diversos enfoques para acercarnos a la verdad sobre este “*no-color*”:

1. Que un cuerpo sea negro es debido a que absorbe y en ningún caso refleja o emite ningún tipo de señal visible para el ojo humano.
2. La sensación de negro viene dada por la no estimulación sensorial por parte de nuestros conos y bastones retinianos, ya sea por la existencia de luz fuera del espectro visible (mayor o menor longitud o frecuencia de onda de lo que entendemos por luz), o directamente por la ausencia de señal; es decir, si entrásemos en una sala donde el tipo de radiación existente fuese infrarroja (mayor longitud de onda que la luz visible) o ultravioleta (mayor frecuencia de onda que la luz visible) o hubiese ausencia de luz, nuestros ojos asumirían la obscuridad, “*negro*”. En cualquier caso, si existiese luz, sería de forma no entendible para nuestros ojos.
3. Nuestros ojos se han adaptado a unas longitudes y frecuencias de ondas determinadas, que comprenden el espectro visible de la luz. Es por ello que tanto si existe información lumínica no receptiva para nuestro sentido, como si existiese “*la nada*”, nuestra sensación de percepción sería la misma en ambos casos: “*negro absoluto*”.

Es por estas razones, que, un negro absoluto puede ser traducido a sonido como un silencio eterno, porque es la ausencia absoluta de señal, o la sonificación de los espectros que comprenden los rangos fuera del espectro visible de la luz. En un principio, también se propuso determinar unas coordenadas cromáticas dadas en longitudes y frecuencias de onda que ubicasen en un punto dentro del espectro visible de la luz, esa sensación de negro. Sea como fuere, la sensación para nuestros ojos es la misma, mas no tanto como para nuestros oídos.

A continuación, se muestra una tabla con el espectro electromagnético completo y marcados, los intervalos o zonas del espectro entre los que se encontraría ese fenómeno traducido por nuestros ojos como “*negro*”, asumiendo que existe fuente de energía:

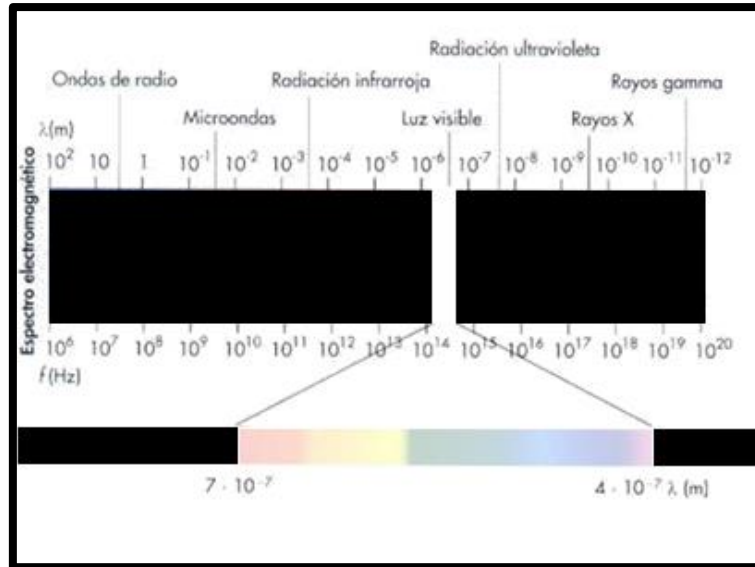


Figura 48. Espectro electromagnético. Fuente: Elaboración propia a partir de original

Una vez obtenido el espectro de cada color, podemos llevar a cabo una comparativa entre música y luz. El puente está establecido desde el momento en que tenemos sonificado el espectro visible de la luz, porque, de esta manera, somos capaces de ubicar cada espectro sonoro perteneciente a cada nota musical dentro del mismo a través de su situación en el espectro del sonido audible.

A continuación, mostramos una tabla en la que se expone la notación musical, su frecuencia y pertenencia dentro del espectro audible del sonido, para, ad finis, determinar y conocer la ubicación de cada una de éstas dentro del espectro visible de la luz, atendiendo al protocolo de conversión estipulado en esta investigación (véase epígrafes anteriores).

4.04. ANÁLISIS TEÓRICO. COLOR Y MÚSICA

Notas Musicales	Frecuencias Correspondientes (Hz)	Notas Musicales (THz)	Frecuencias Correspondientes
<i>La</i> ³	440	387,67	Fuera del Espectro Visible (Zona del Infrarrojo Alto)
<i>La</i> ³ <i>Sostenido</i> // <i>Si</i> ³ <i>Bemol</i>	466,164	410,78	Infrarrojo Cercano ≈ Extremo Visible del Rojo
<i>Si</i> ³	493,88	435,14	Extremo Visible del Rojo
<i>Do</i> ⁴	523,251	461,01	Rojo
<i>Do</i> ⁴ <i>Sostenido</i> // <i>Re</i> ⁴ <i>Bemol</i>	554,365	488,43	Rojo Anaranjado






<i>Re</i> ⁴	587,33	517,47	Amarillo
<i>Re</i> ⁴ <i>Sostenido</i> // <i>Mi</i> ⁴ <i>Bemol</i>	622,254	548,24	Verde
<i>Mi</i> ⁴	659,255	580,84	Verde
<i>Fa</i> ⁴	698,456	615,38	Cian
<i>Fa</i> ⁴ <i>Sostenido</i> // <i>Sol</i> ⁴ <i>Sostenido</i>	739,989	651,97	Azul
<i>Sol</i> ⁴	783,991	690,74	Principio del Violeta
<i>Sol</i> ⁴ <i>Sostenido</i> // <i>La</i> ⁴ <i>Bemol</i>	830,609	731,81	Violeta
<i>La</i> ⁴	880	775,33	Extremo Visible del Violeta ≈ Ultravioleta Cercano
<i>La</i> ⁴ <i>Sostenido</i> // <i>Si</i> ⁴ <i>Bemol</i>	932,328	821,43	Ultravioleta Cercano

Tabla 7. Localización notas musicales en el espectro visible de la luz. Fuente: Elaboración propia

De tal forma, podemos comprender que el espectro visible de la luz, traducido a sonido, considera una representación mínima en el panorama musical.

Además, la tímbrica de cada sonido es determinada por el número de armónicos que acompañan a la nota o frecuencia fundamental (las expuestas arriba).

Expuesto de otro modo, cada nota musical corresponde a los siguientes colores del espectro visible de la luz:

Nota Musical	Apariencia Gráfica Coordenada Cromática en el Espectro Visible (Aprox.)	Código de Color Atendiendo al Sistema RGB (Exacto)
<i>La</i> ³		#000000
<i>La</i> ³ <i>Sostenido</i> // <i>Si</i> ³ <i>Bemol</i>		#260000
<i>Si</i> ³		#750000
<i>Do</i> ⁴		#dc0000
<i>Do</i> ⁴ <i>Sostenido</i> // <i>Re</i> ⁴ <i>Bemol</i>		#ff0000




<i>Re</i> ⁴		#ffe600
<i>Re</i> ⁴ Sostenido // <i>Mi</i> ⁴ Bemol		#00ff00
<i>Mi</i> ⁴		#00fe23
<i>Fa</i> ⁴		#00aee8
<i>Fa</i> ⁴ Sostenido // <i>Sol</i> ⁴ Bemol		#2500ff
<i>Sol</i> ⁴		#7a00ff
<i>Sol</i> ⁴ Sostenido // <i>La</i> ⁴ Bemol		#480097
<i>La</i> ⁴		#100022
<i>La</i> ⁴ Sostenido // <i>Si</i> ⁴ Bemol		#000000

Tabla 8. Traducción de notas musicales en color. Fuente: Elaboración propia

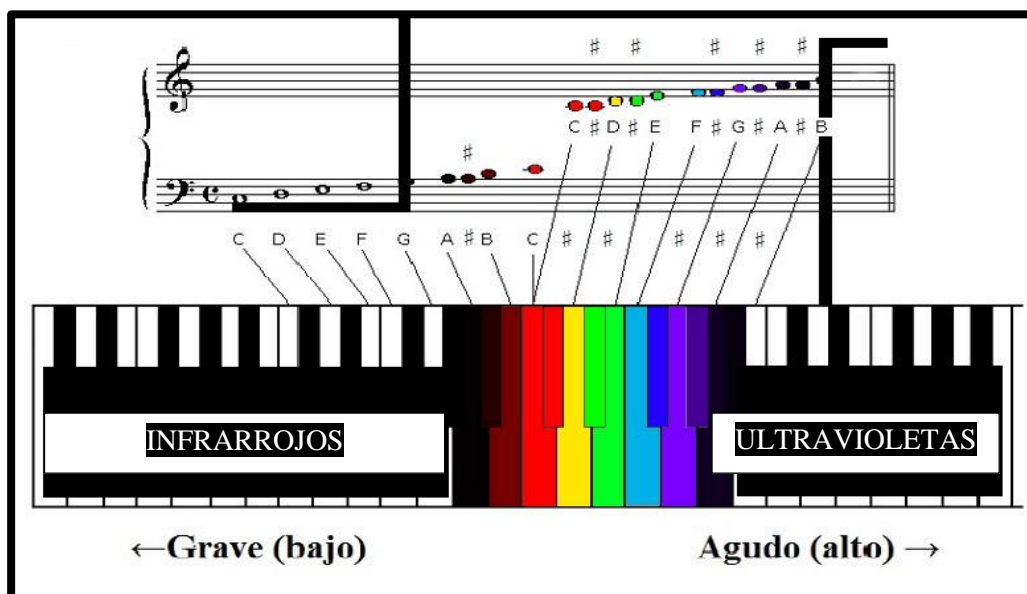


Figura 49. E. electromagnético en el teclado de un piano. Fuente: Elaboración propia a partir de original

Más allá, desde el punto de vista de la óptica existe un fenómeno denominado: “metamerismo”, o lo que es lo mismo; debido a la configuración de nuestros ojos, somos capaces de percibir los colores o estímulos correspondientes a las diferentes frecuencias y longitudes de onda; existen veces en las que no somos capaces de discernir si el fenómeno cromático viene dado de manera natural correspondiente a la información esencial que deviene de la propia emisión, o, si por el contrario, es nuestra forma de interpretar la que determina como resultado ese estímulo o “color”. Dicho de otra forma, ¿cómo somos capaces de saber a ciencia cierta si lo que recibimos como “verde” es en

realidad porque sea de color verde (refleje esos valores cromáticos del espectro visible que corresponde a esa zona o área que nuestro cerebro asocia con ese estímulo aprendido), o si por el contrario, las emisiones son en misma proporción de “amarillo” y “azul” y nuestro ojo lo interpreta como “verde” porque le resulta más fácil de entender y procesar de esta forma? Es decir, la unión de colores da como resultado más colores, no los mismos, al superponerse unos sobre otros. Es ésta la magia de la óptica, cosa que no ocurre de igual forma en la dimensión acústica. Nuestros oídos, sobre todo los bien entrenados, son capaces de discernir las diferentes fundamentales o espectros cromáticos puros convertidos en sonido y visualizar no una fusión sino una banda melódica compuesta por dos líneas y no una unívoca.

En relación a lo anterior, podemos determinar los diferentes acordes que se comprenden dentro del espectro cromático de la luz convertido en sonido (octavas de La en 3ª a La# // Sib en 4ª) para obtener lo que en cromática se entendería como colores secundarios sonoros, o derivados de los esenciales que conforman las siete áreas del arcoíris entendidas por nuestros ojos.

Veamos, pues, algunos ejemplos:

*Acorde de Do Mayor: Do – Mi – Sol:

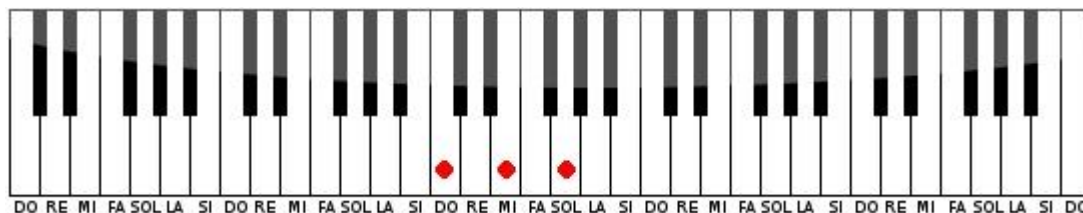


Figura 50. Acorde de do mayor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de rojo (#dc0000), verde (#00fe23) y violeta (#7a00ff). El resultado, sería un magenta oscuro (#3c2934).

* Acorde de Do Menor: Do – Mi^b – Sol:

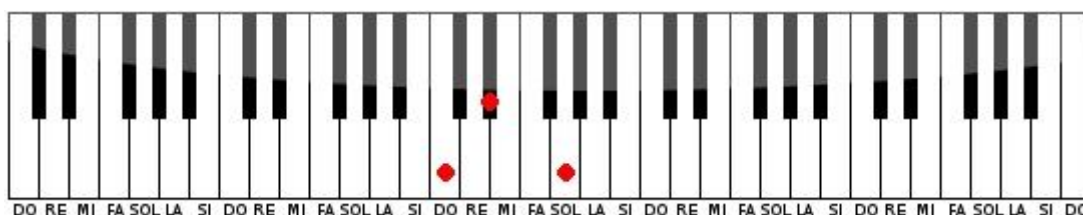


Figura 51. Acorde de do menor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de rojo (#dc0000), verde (#00ff00) y violeta (#7a00ff). El resultado sería un magenta oscuro (#472743).

* *Acorde Re Mayor: Re – Fa# – La:*

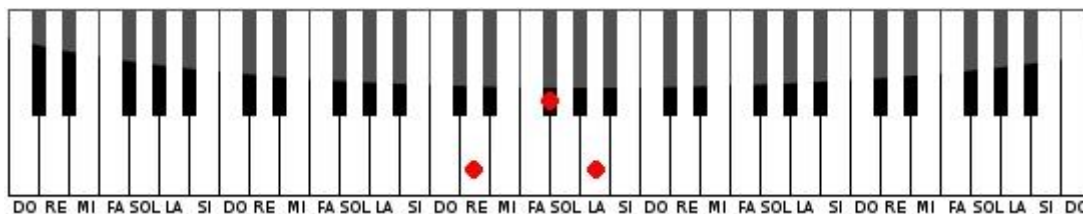


Figura 52. Acorde de re mayor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de amarillo (#ffe600), azul índigo (#2500ff) y violeta oscuro (#100022). El resultado sería un magenta oscuro (#3b273d).

* *Acorde Re Menor: Re – Fa – La:*



Figura 53. Acorde de re menor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de amarillo (#ffe600), azul índigo (#2500ff) y violeta oscuro (#100022). El resultado sería un azul prusia (#1f869c).

* *Acorde Mi Mayor: Mi – Sol# – Si:*

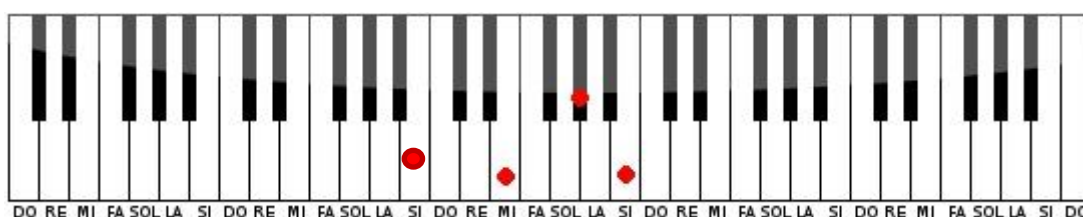


Figura 54. Acorde de mi mayor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de verde (#00fe23), violeta claro (#7a00ff) y granate (#750000). El resultado sería un violeta grisáceo muy oscuro (#3a2c3f).

* *Acorde Mi Menor: Mi – Sol – Si:*



Figura 55. Acorde de mi menor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de verde (#00fe23), violeta oscuro (#480097) y granate (#750000). Para este caso y todos los que hubieren, el “Si” escogido es en 3ª y no en 4ª debido a que este último se halla fuera del espectro visible. El resultado, pues, sería un violeta grisáceo oscuro (#513b71).

* *Acorde Fa Mayor: Fa – La – Do:*

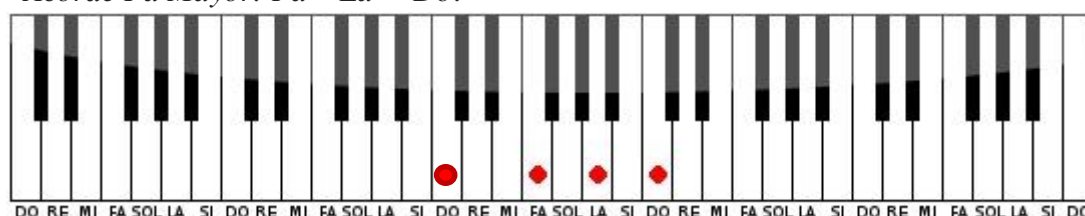


Figura 56. Acorde de fa mayor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de azul claro (#00aee8), violeta muy oscuro (#100022) y rojo brillante (#dc0000). Para este caso y todos los que hubieren, el “Do” escogido es en 4ª y no en 5ª debido a que este último se halla fuera del espectro visible. El resultado, sería un gris oscuro (#291d2c).

* *Acorde Fa Menor: Fa – Lab – Do:*

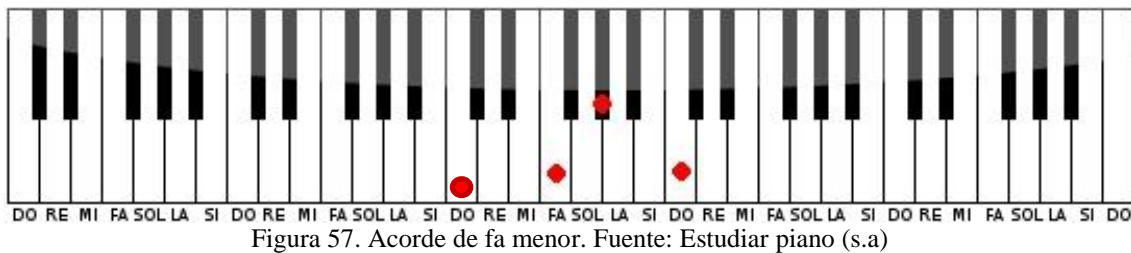


Figura 57. Acorde de fa menor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de azul claro (#00aee8), violeta oscuro (#480097) y rojo brillante (#dc0000). Para este caso y todos los que hubieren, el “Do” escogido es en 4ª y no en 5ª debido a que este último se halla fuera del espectro visible. El resultado sería un morado oscuro (#311336).

* *Acorde Sol Mayor: Sol – Si – Re:*



Figura 58. Acorde de sol mayor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de violeta claro (#7a00ff), granate (#750000) y amarillo brillante (#ffe600). Para este caso y todos los que hubieren, el “Si” y el “Re” escogidos son en 4ª y no en 5ª debido a que este último se halla fuera del espectro visible. El resultado sería un marrón oscuro (#4c2b26).

* *Acorde Sol Menor: Sol – Sib – Re:*

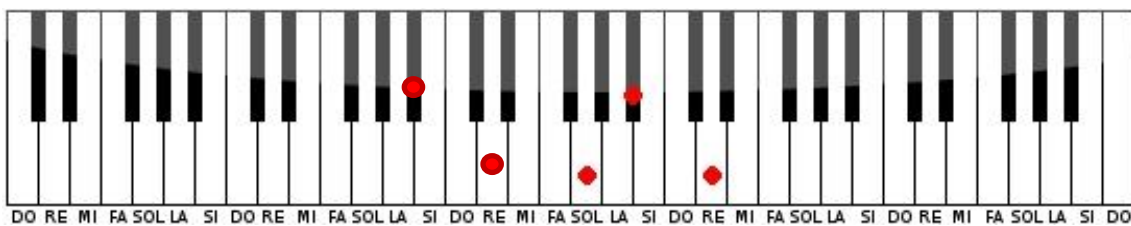


Figura 59. Acorde de sol menor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de violeta claro (#7a00ff), granate negruzco (#260000) y amarillo brillante (#ffe600). Para este caso y todos los que hubieren, el “Sib” y el “Re” escogidos son en 4ª y no en 5ª debido a que este último se halla fuera del espectro visible. El resultado sería un marrón más oscuro (#342118).

* *Acorde La Mayor: La – Do# – Mi:*



Figura 60. Acorde de la mayor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de violeta muy oscuro (#100022), rojo anaranjado (#ff0000) y verde brillante (#00fe23). Para este caso y todos los que hubieren, el “La”, el “Do#” y el “Mi” escogidos son en 4ª y no en 3ª ni 5ª, respectivamente (dos últimos), debido a que este último se halla fuera del espectro visible. El resultado sería un verde oliva oscuro (#1d230d).

* *Acorde La Menor: La – Do – Mi:*

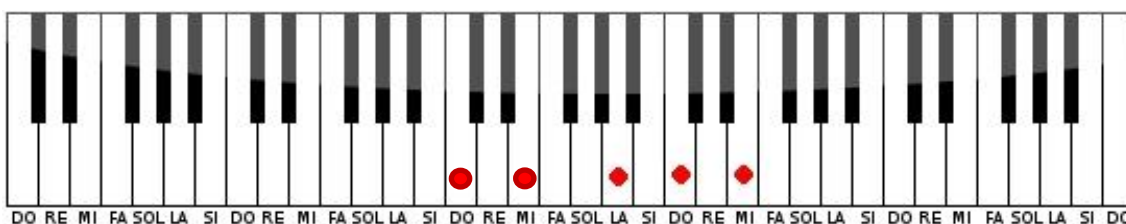


Figura 61. Acorde de la menor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de violeta muy oscuro (#100022), rojo brillante (#dc0000) y verde brillante (#00fe23). Para este caso y todos los que hubieren, el “La”, el “Do” y el “Mi” escogidos son en 4ª y no en 3ª ni 5ª, respectivamente (dos últimos), debido a que este último se halla fuera del espectro visible.

El resultado sería un verde oliva oscuro (#162c0c). Casi no existe diferencia cromática visible apreciable con respecto a su forma Mayor.

Acorde Si Mayor: Si – Re# – Fa#:

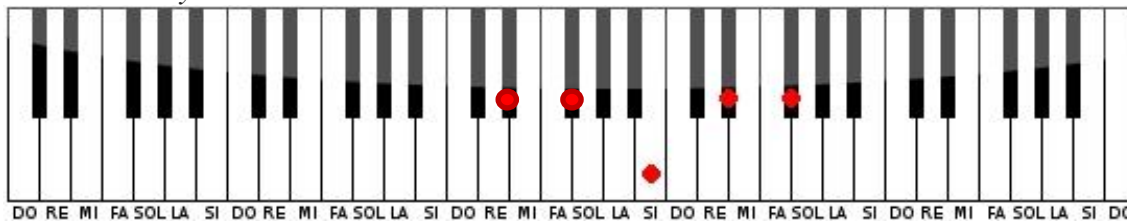


Figura 62. Acorde de si mayor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de granate (#750000), verde brillante (#00ff00) y azul índigo (#2500ff). Para este caso y todos los que hubieren, el “Si”, el “Re#” y el “Fa#” escogidos son en 4ª y no en 3ª ni 5ª, respectivamente (dos últimos), debido a que este último se halla fuera del espectro visible. El resultado sería un azul de Prusia (#2932a9).

Acorde Si Menor: Si – Re – Fa#:

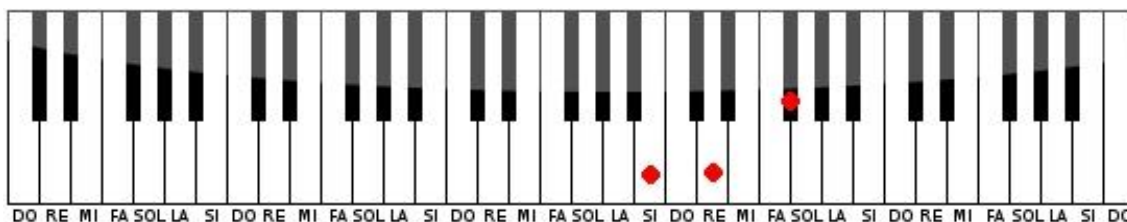


Figura 63. Acorde de si menor. Fuente: Estudiar piano (s.a)

Al combinar estas tres notas musicales pertenecientes a la 4ª Octava o la correspondiente a la que se encontraría dentro de los puntos del espectro visible de la luz, una vez convertidos a sonido, estaríamos realizando una mezcla de granate (#750000), amarillo (#ffe600) y azul índigo (#2500ff). Para este caso y todos los que hubieren, el “Si”, el “Re” y el “Fa#” escogidos son en 4ª y no en 3ª ni 5ª, respectivamente (dos últimos), debido a que este último se halla fuera del espectro visible. El resultado, sería un marrón oscuro (#493315).

Finalmente, obtenemos los siguientes patrones y colores, que a continuación mostramos y que unificarían color y acordes musicales:

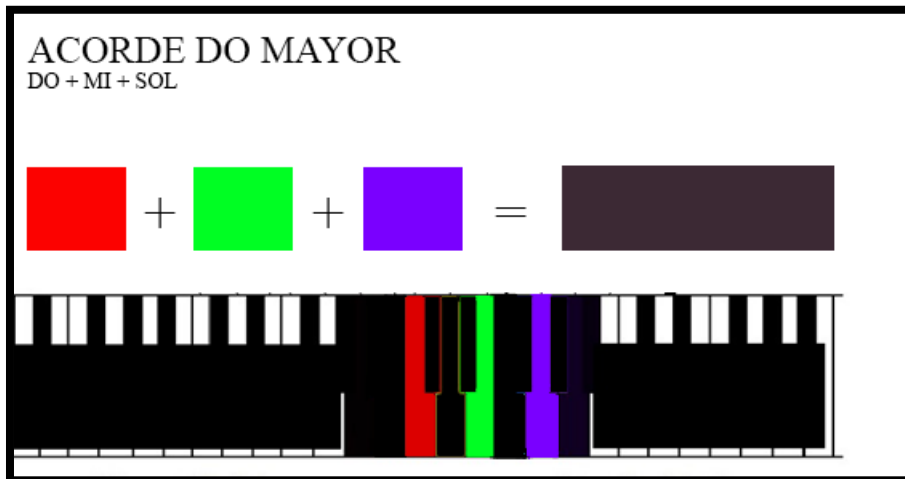


Figura 64. Acorde de do mayor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

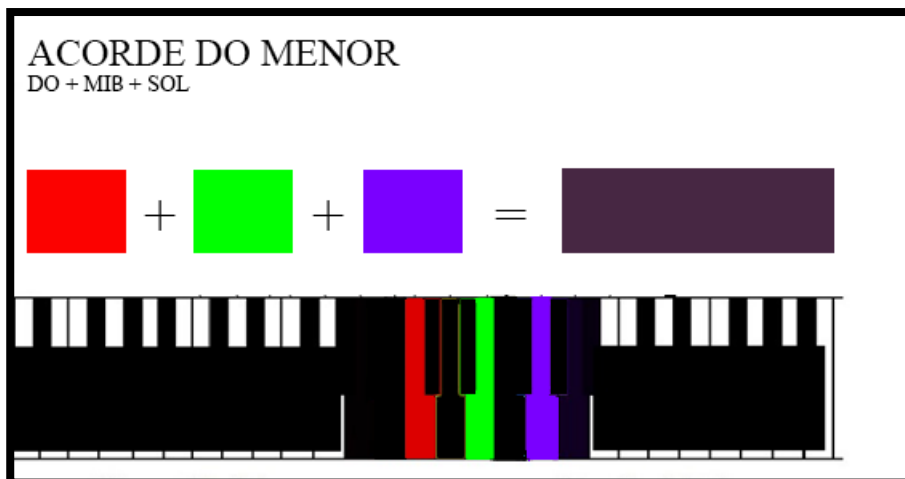


Figura 65. Acorde de do menor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

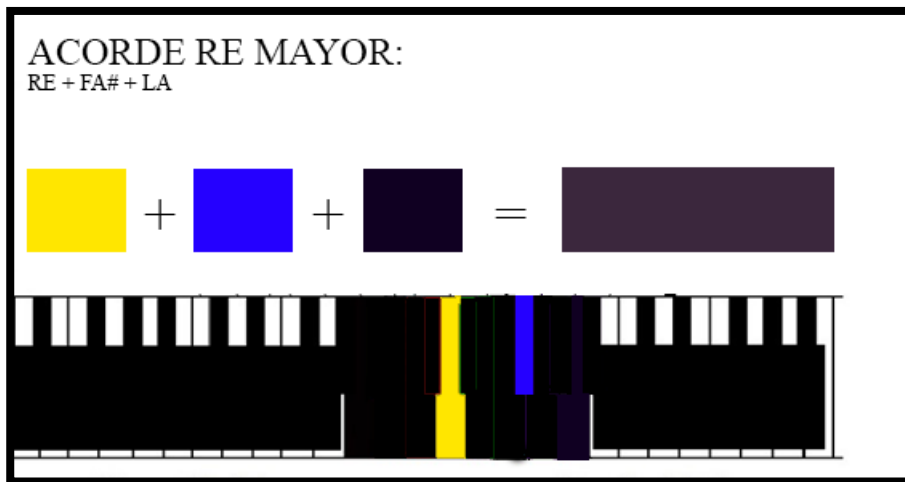


Figura 66. Acorde de re mayor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

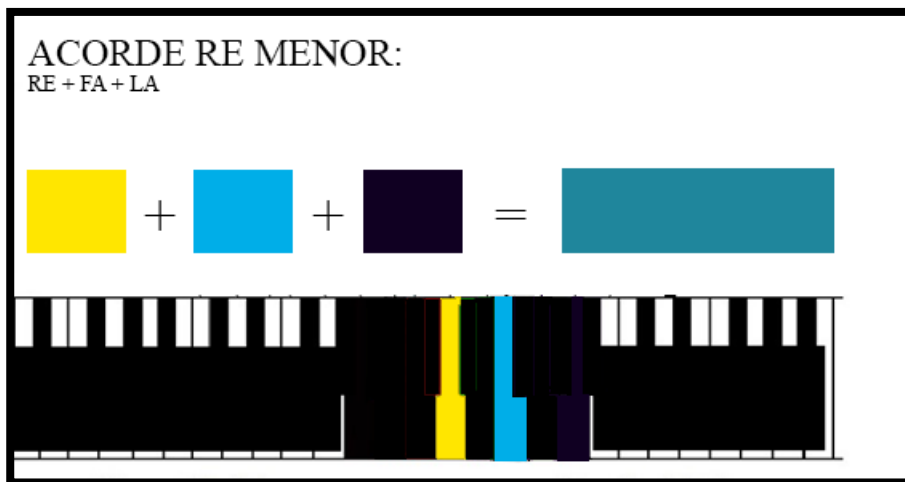


Figura 67. Acorde de re menor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

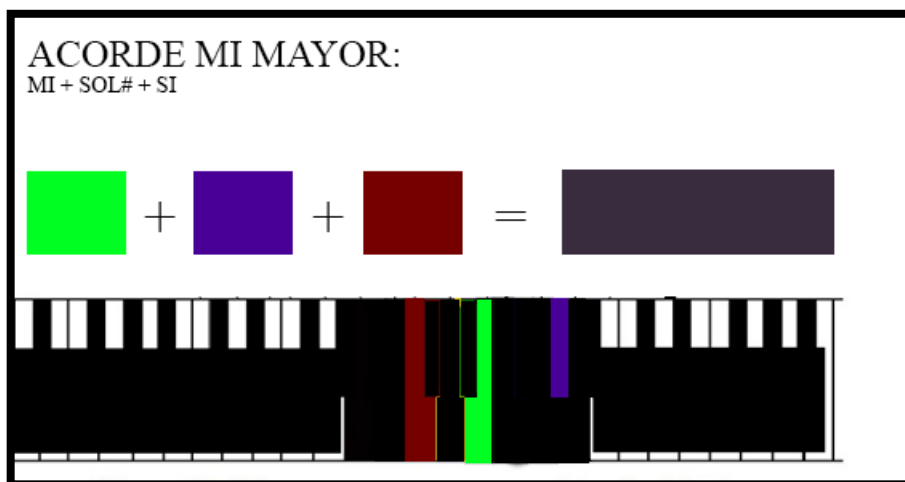


Figura 68. Acorde de mi mayor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

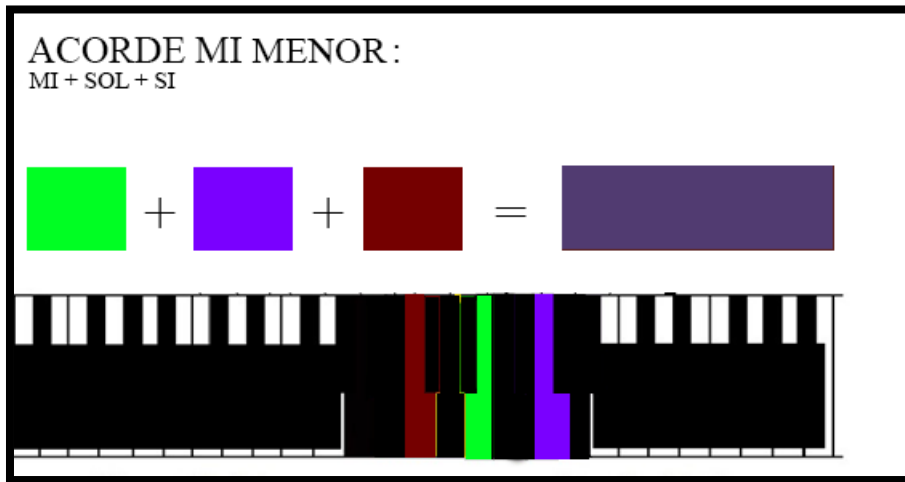


Figura 69. Acorde de mi menor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

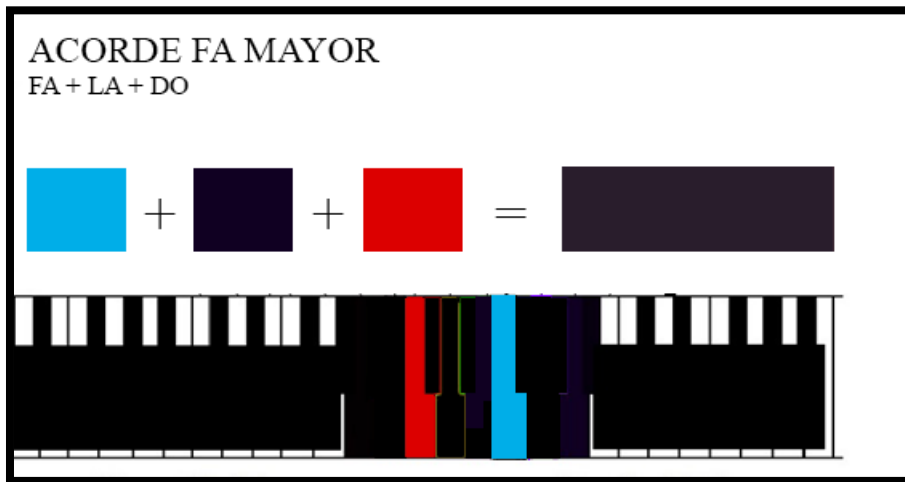


Figura 70. Acorde de fa mayor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

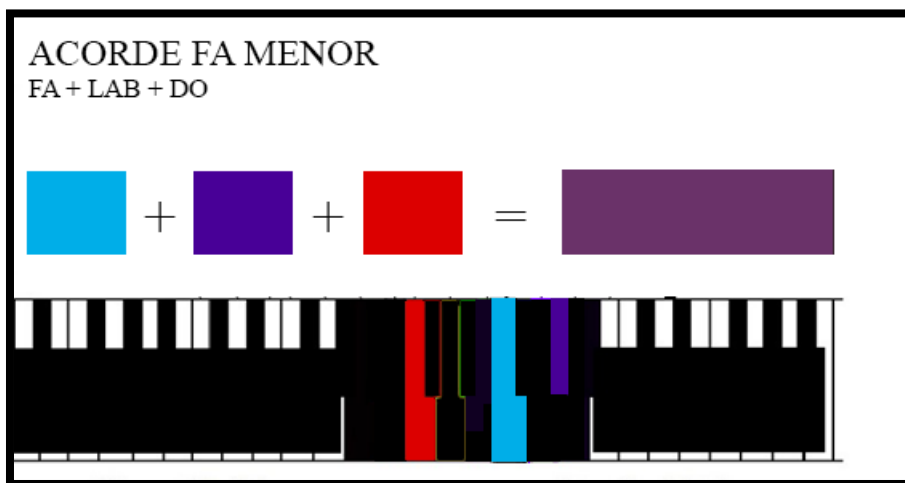


Figura 71. Acorde de fa menor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

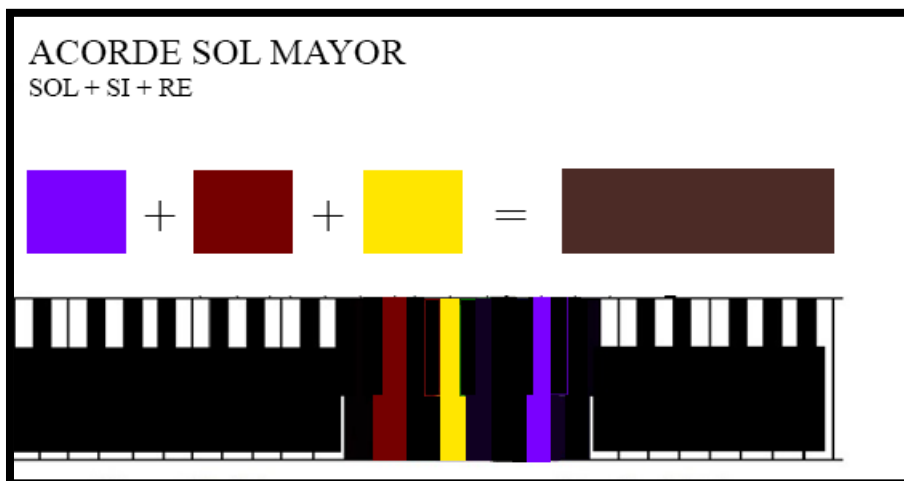


Figura 72. Acorde de sol mayor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

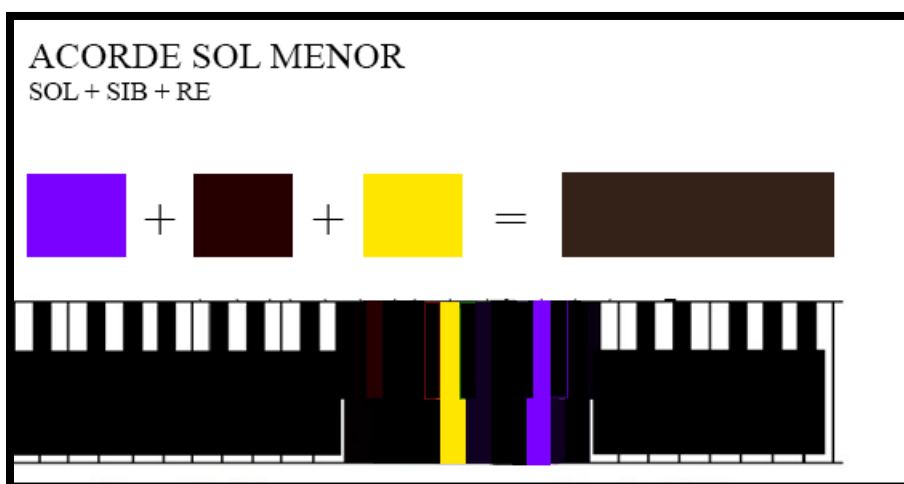


Figura 73. Acorde de sol menor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

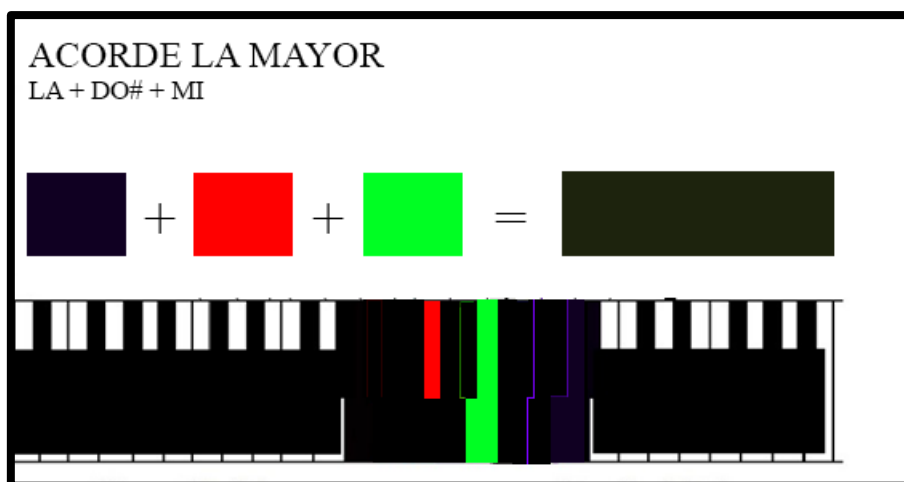


Figura 74. Acorde de la mayor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

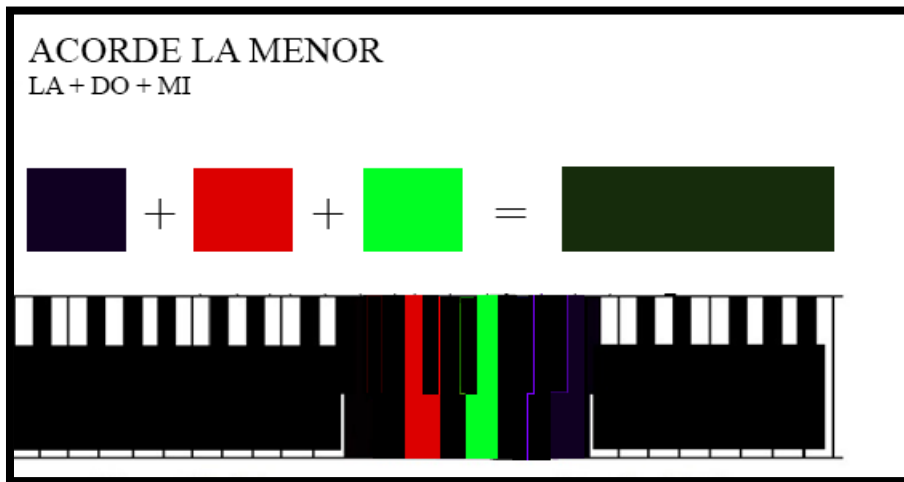


Figura 75. Acorde de la menor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

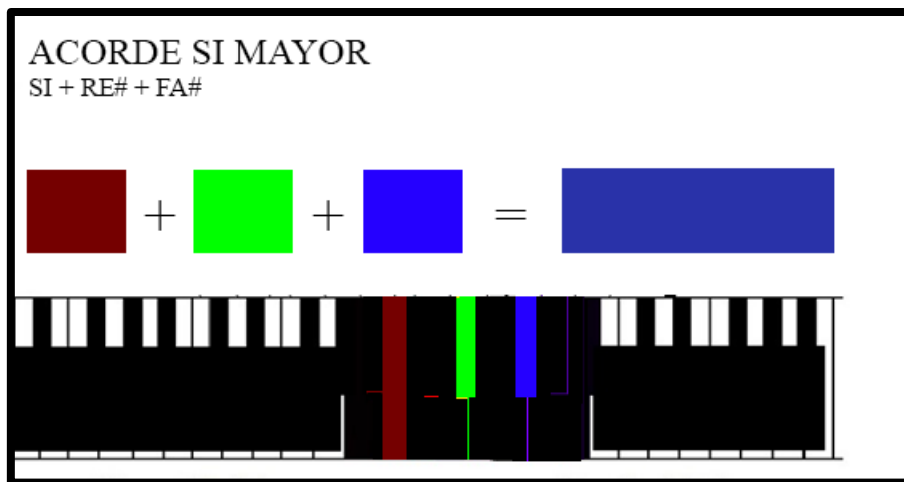


Figura 76. Acorde de si mayor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

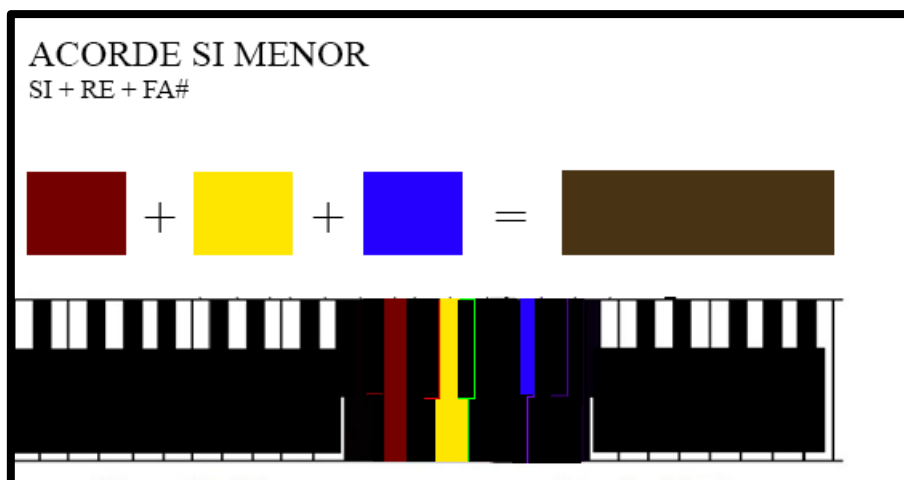













Figura 77. Acorde de si menor con los colores luz. Fuente: Elaboración propia a partir de original

4.05. ANÁLISIS. ANÁLISIS CROMÁTICO DE PARTITURAS MUSICALES.

Una vez determinado el color luz al que correspondería cada nota musical, así como ubicado el espectro visible de la luz transformado a sonido, en el teclado de un piano, somos capaces de realizar análisis cromáticos. Siguiendo esta consideración, así como para determinar los colores que configuran partituras que ya han sido creadas, también y especialmente, para futuras melodías. Para que las canciones puedan componerse teniendo en cuenta, además, el criterio cromático que formará parte de éstas.

Veamos, pues, cómo sería una primera toma de contacto con esta nueva forma de análisis musical, habiendo transformado los colores luz en sonido, y su comparativa con las frecuencias acústicas de las notas musicales.

Para ello, antes de exponer un análisis cromático que hemos realizado a modo de ejemplo, volveremos a mostrar la tabla en la que se correlacionan notas musicales y colores luz sonoros, mediante la variable ondulatoria de la frecuencia.

Nota Musical	Apariencia Gráfica Coordenada Cromática en el Espectro Visible (Aprox.)	Código de Color Atendiendo al Sistema RGB (Exacto)
<i>La³</i>		#000000
<i>La³Sostenido</i> // <i>Si³Bemol</i>		#260000
<i>Si³</i>		#750000
<i>Do⁴</i>		#dc0000
<i>Do⁴Sostenido</i> // <i>Re⁴Bemol</i>		#ff0000
<i>Re⁴</i>		#ffe600
<i>Re⁴Sostenido</i> // <i>Mi⁴Bemol</i>		#00ff00
<i>Mi⁴</i>		#00fe23
<i>Fa⁴</i>		#00aee8
<i>Fa⁴Sostenido</i> // <i>Sol⁴Bemol</i>		#2500ff
<i>Sol⁴</i>		#7a00ff




<i>Sol⁴Sostenido</i> // <i>La⁴Bemol</i>		#480097
<i>La⁴</i>		#100022
<i>La⁴Sostenido</i> // <i>Si⁴Bemol</i>		#000000

Tabla 9. Traducción de notas musicales en color. Fuente: Elaboración propia

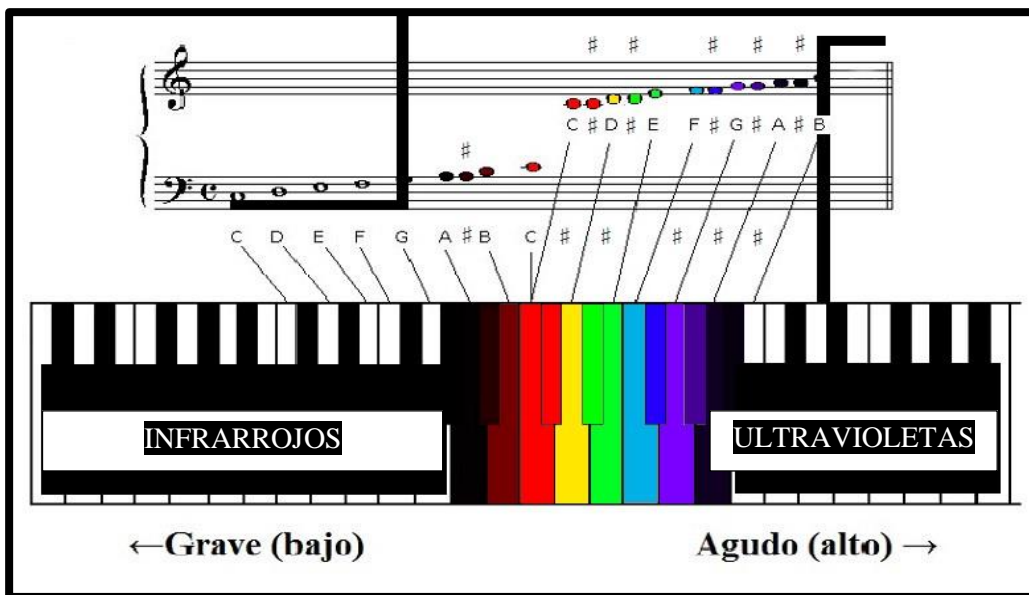


Figura 78. E. electromagnético en el teclado de un piano. Fuente: Elaboración propia a partir de original

Una vez dispuestas todas las notas musicales que, tras la transformación de los colores luz a sonido, formarían parte de este espectro cromático sonoro, procederemos a analizar un pequeño extracto de la ‘*Sinfonía N° 9 de Beethoven*’, también conocida como el ‘*Himno de la Alegría*’, coloreando, según el estímulo cromático sonoro al que corresponda, cada nota musical.

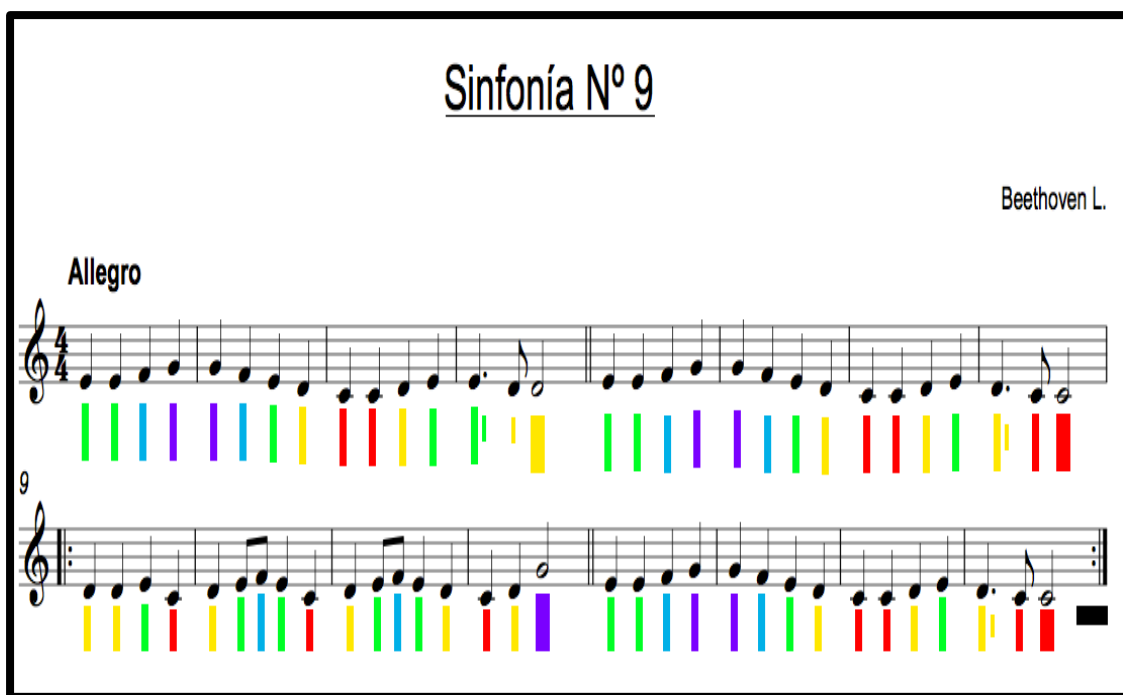


Figura 79. Partitura de la Sinfonía N°9 de Beethoven. Fuente: Elaboración propia a partir de original

4.06. ANÁLISIS. CONFIGURACIÓN SONORA DEL ESPACIO

Aparte de educación musical, el hecho de establecer unos patrones cromáticos nos permite continuar con el sentido grafológico, desde el punto de vista del color, a la hora de seleccionar la tonalidad del pincel a escoger para realizar nuestro trazo sonoro; no obstante, para poder establecer sentidos de línea y plano en sistemas de 2 Dimensiones (alto y ancho), habremos de concretar y traducir los parámetros de dirección y altura en sonido.

Para desarrollar esta traducción de coordenadas de situación, se podrían escoger las 2 variables que intervienen a la hora de trabajar con ondas sonoras (tal y como sería en luz): panoramización (dirección) e intensidad (altura). Es decir; para traducir un orden de trazos visuales y gráficos en sonoros sería preciso combinar ambos elementos pertenecientes al sonido para determinar si el trazo o la fuente sonora sigue una dirección perpendicular o lo que sería en sonido, con una panoramización de 0 derecha y 0 izquierda, y en función de la altura del elemento o su variación, ajustar la intensidad, atendiendo a conceptos de ganancia. A mayor ganancia, mayor la presencia o altura y viceversa. Para entender esta forma de trabajar, cada ganancia representa a la altura o a la capa en la que se localiza dicho elemento, partiendo de la más baja a la más alta.

En cualquier caso, este sentido de traducción, no sólo permitiría aplicar un sentido práctico y sonoro de conversión gráfica en acústica, sino también, para otras disciplinas como son las distintas ubicaciones de cuerpos estelares sobre un plano y su manera de comportarse. Pudiendo ajustar su traducción del comportar óptico en acústico atendiendo no sólo a la traducción de los patrones que configuran dicho fenómeno estelar, sino también en cuenta a factores de ubicación y situación sobre un plano. Asimismo, una estrella que esté situada a la derecha del plano que observamos, en su traducción a sonido, dispondrá de una panoramización mayor en la derecha que en la izquierda (por ejemplo: 50 dcha – 0 izda). Y dependiendo de su altura, estará con una intensidad mayor o menor (debido a la ubicación en el plano en que se sitúa), y siempre acorde con la intensidad de su señal. Es, entonces, en este punto, donde podemos encontrar metamerismo no sólo en el concepto óptico, sino también acústico.

En la siguiente ilustración se muestra el concepto de la distribución y disposición espacial de los diferentes elementos ópticos ubicados en un espacio determinado, traducido en formato sonoro.

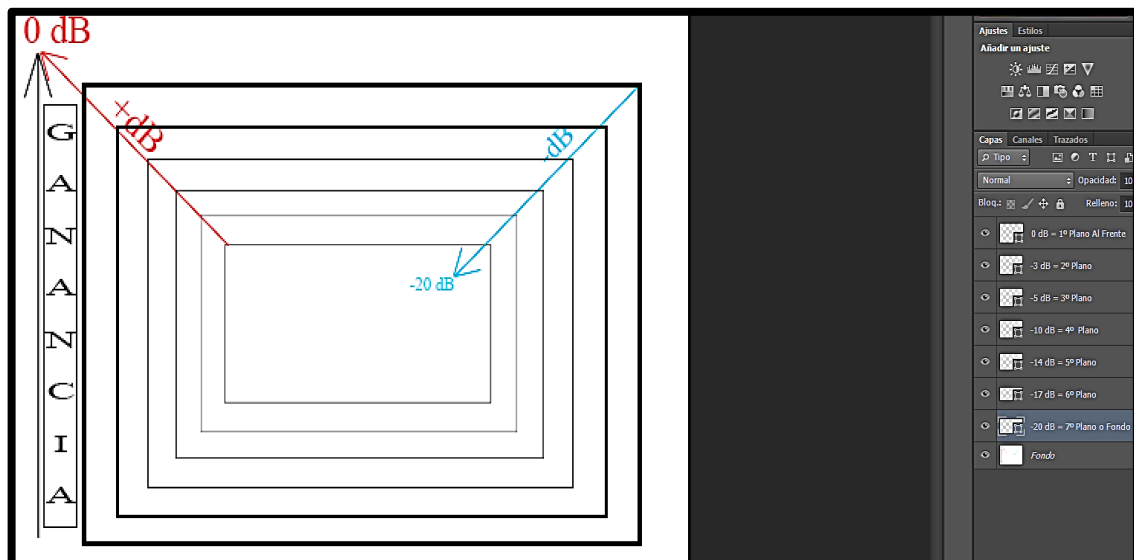


Figura 80. Ilustración que contiene disposición del espacio sonoro. Fuente: Elaboración propia

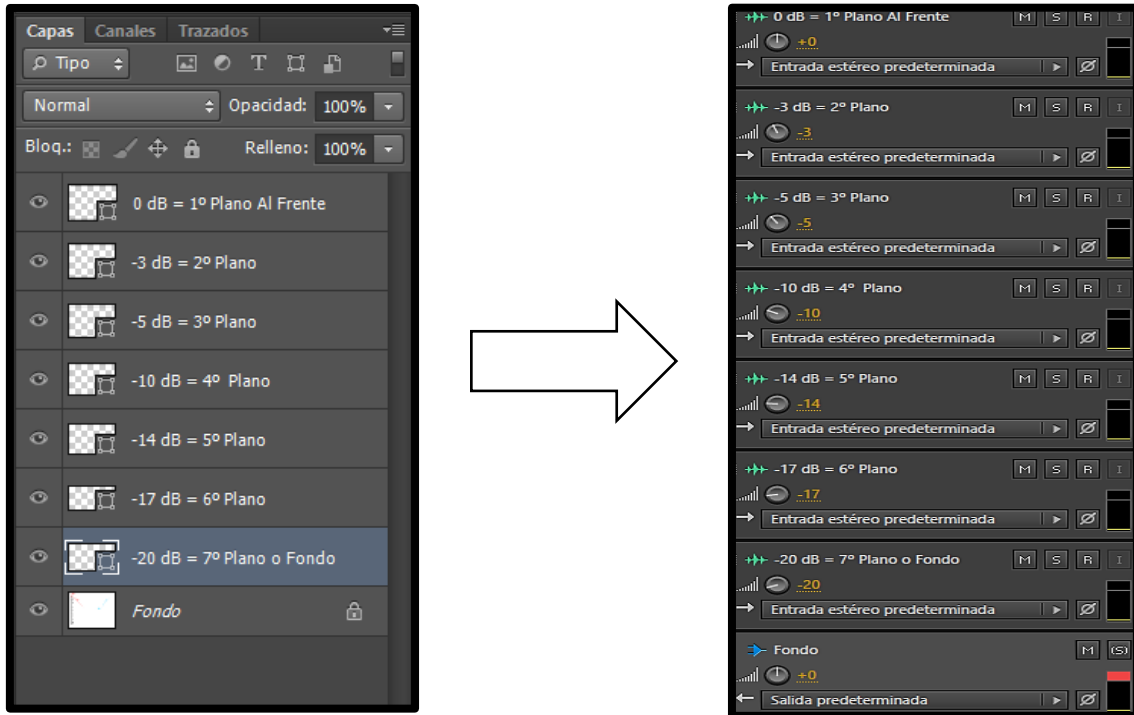


Figura 81. Comparativa de capas visuales y sonoras. Fuente: Elaboración propia

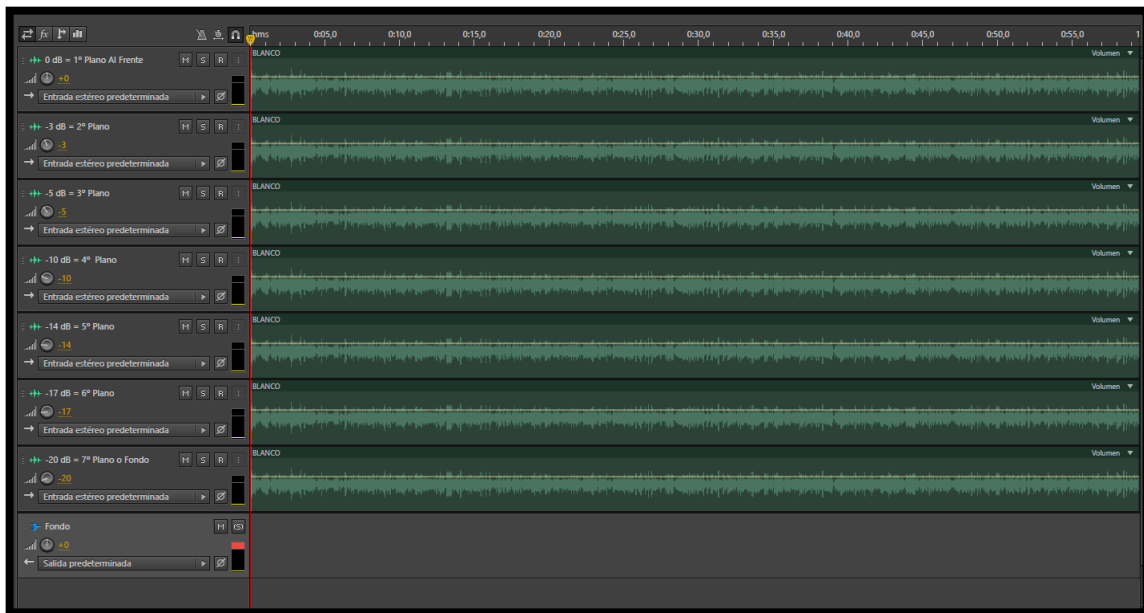


Figura 82. Comparativa de capas visuales y sonoras. Fuente: Elaboración propia

Aparte de lo expuesto anteriormente, es preciso comentar que, al igual que como vemos el cielo, existen elementos que tienen más intensidad que otros en cuanto a la señal no tanto porque producen sino por cómo recibimos. En cualquier caso, dentro de cada capa, existen los parámetros que comentábamos en un principio: ganancia y, además, panoramización. Para cada capa o segmento del espacio, los objetos han de ubicarse, y para esto, es preciso utilizar variables de posición en cuanto al eje de abcisas y el de ordenadas (x e y, respectivamente). Por ello, la traducción para cada elemento sería en

coordenadas: n° dB y n° de presencia en el canal derecho o izquierdo (-50 izda y +50 dcha); esto es, cada punto, por ejemplo: (+5dcha, 0dB) // (x, y).

Expuesto de otro modo, existirían diferentes dimensiones de existencia espectrales ubicadas entre los infinitos o diferentes meridianos sonoros, o capas, como hemos comentado anteriormente, y según su ganancia final, se determinaría a qué capa o dimensión pertenece una señal en concreto (a más ganancia, mayor presencia o situación más alta en el plano, a menor ganancia, todo lo contrario). Además, dentro de cada capa, existen subcapas o melodías que aparecen y dan forma a cada dimensión o capa final, tal y como ocurriría en un dibujo o figura plana en la que por cada paralelo del soporte se encontraría una figura representada. Para visionar mejor este concepto, se acompaña una ilustración con esta idea, tal y como se vería desde un tipo de plano ortogonal y no cenital (como en el caso anterior).

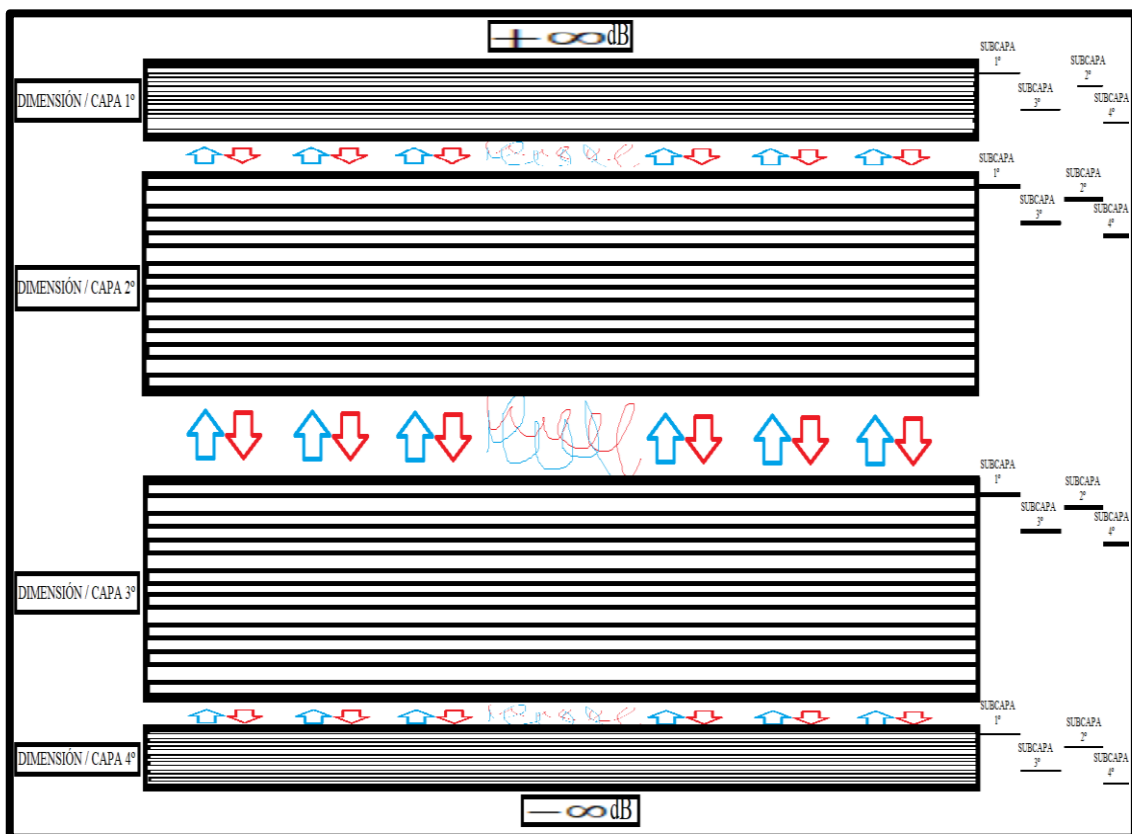


Figura 83. Ilustración gráfica sobre el funcionamiento de las capas sonoras. Fuente: Elaboración propia

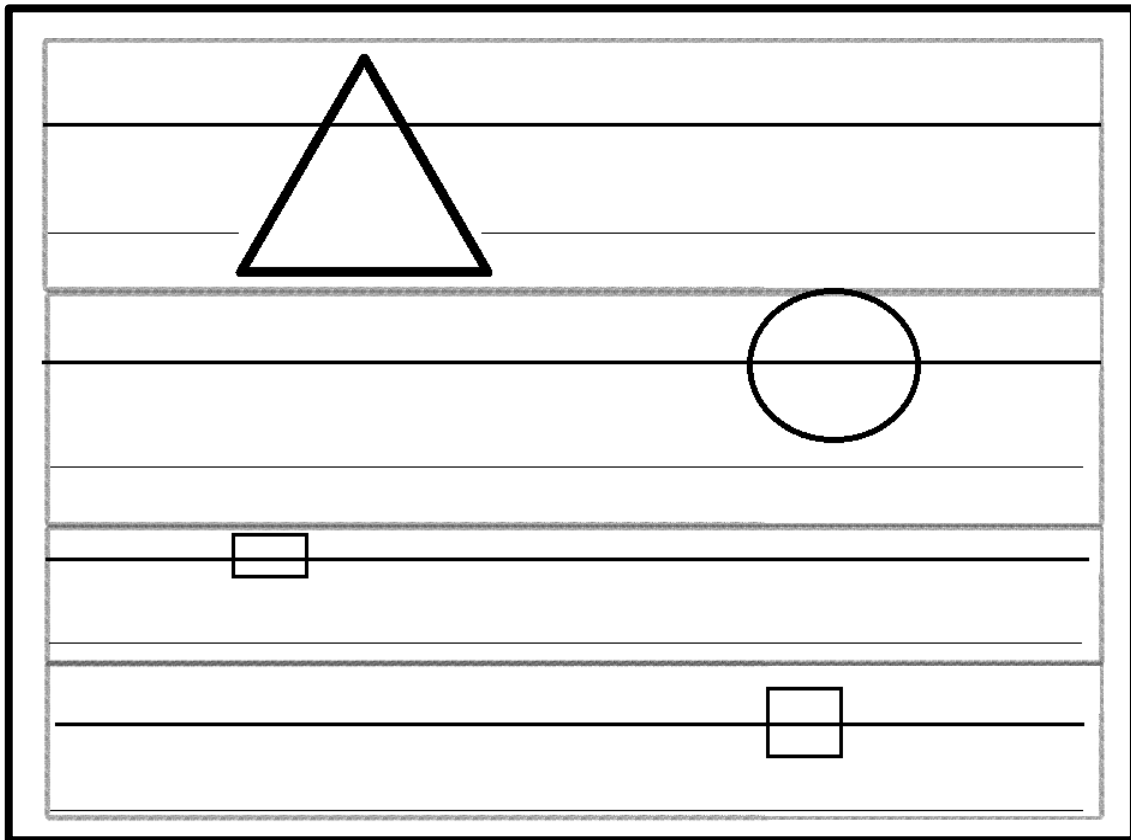


Figura 84. Ejemplo gráfico sobre figuras ocupando un espacio. Fuente: Elaboración propia

A la hora de realizar diferentes figuras o patrones geométricos, por ejemplo, utilizaremos este conjunto de definiciones para construir el elemento (ganancia y panoramización), y después, aplicaremos las variaciones de estos patrones según su ubicación en el nuevo espacio en el que se localicen como un todo completo, pero supeditado a los nuevos órdenes del nuevo espacio o a la dimensión o capa en la que se sitúan. Además, ajustaremos la ganancia final de ese elemento, teniendo en cuenta la capa en la que se encuentra, por lo que, su volumen final podría verse aumentado o disminuido con respecto al de la figura original. Es decir, no es lo mismo ver un cuadrado en un trozo de papel, que visualizarlo en una hoja de tamaño A4, al igual que su posición en el espacio podría variar, y su presencia o ubicación en la capa (si está en primer o último plano).

Si esto pudiese parecer harto complicado, pensemos, pues, a la hora de representar una figura en concreto como puede ser un triángulo; con un tamaño determinado y ubicado en un espacio concreto o dimensión / capa determinada; aunque el espacio o soporte en el que se encuentra difiriese, la esencia de la figura permanecería intacta en cualquiera de los contextos; es decir, su idea abstracta de ser una forma con tres lados (dos ascendentes y uno transversal), seguiría siendo la misma.

En cualquier caso, también es preciso comentar que existe un fenómeno denominado '*metamerismo*' que no sólo afectaría al estado óptico de la percepción, sino también al acústico.

4.07. ANÁLISIS. PROCESO DE SONIFICACIÓN DE NÚMEROS, LETRAS, SIGNOS, FIGURAS Y SÍMBOLOS

Como hemos introducido en el apartado anterior, la existencia de figuras es inevitable a la hora de hablar de espacios, pues, ¿qué es el espacio, sino una mera ilusión construida por nosotros?

La finalidad de este trabajo fue tratar de representar sonoramente el conjunto de elementos pertenecientes a la realidad de la luz, y todo lo que nuestros ojos son capaces de percibir y entender, mediante entrenamiento. Una de estas facultades, es el reconocimiento de patrones y figuras como los polígonos, los números y las letras. Si pudiera sonar complejo distinguir figuras geométricas en sonido, ¿por qué lo haríamos con luz?

Para esta parte de la investigación, se ha retomado un viaje hacia el pasado y se ha vuelto a pensar en la infancia, en concreto, en el método de aprendizaje que se realizaba para asimilar y asumir mentalmente el orden de las figuras y los patrones grafológicos. Es por ello, que, todos los patrones que aquí se exponen de forma sonora, parten de la dinámica grafológica que han llevado a cabo los '*Cuadernillos Rubio*' durante años:

4.07.1. NÚMEROS

Para representar sonoramente números, al igual que con el resto de figuras que a continuación expondremos, es preciso contar con dos variables indispensables y que forman la esencia del sonido: la ganancia y la panoramización, o lo que es lo mismo desde el punto de vista sonoro: altura y dirección, respectivamente... Tengamos en cuenta, que, al igual que cuando dibujamos números, los valores no son tan relevantes como el hecho de los patrones, que son los que se repiten. El espacio lo creamos nosotros, por ello, utilizaremos valores de referencia, que están sujetos a modificaciones.

Hay que tener claro para llevar a cabo todos los patrones, que, al igual que en la representación de cualquier tipo de función matemática, están presentes dos variables que nos ayudan a situar los trazos en un plano, como son el "*eje de ordenadas*" o el eje de los valores de "y" y "*el de abcisas*" o el de los valores de la "x", lo que sería igual en sonido al "*eje de ganancia*" o de los valores en "dB" y al del "*eje de panoramización*" o de los valores de "*izquierda/derecha*". Teniendo claro este aspecto, procederemos a transformar los patrones grafológicos intervinientes en el sentido visual para convertirlos al sentido audible.

Por último, para construir cada figura, determinaremos todos los puntos sonoros que compondrán cada una de las mismas, utilizando la siguiente plantilla con coordenadas cartesianas, en concordancia con la representación gráfica de funciones.

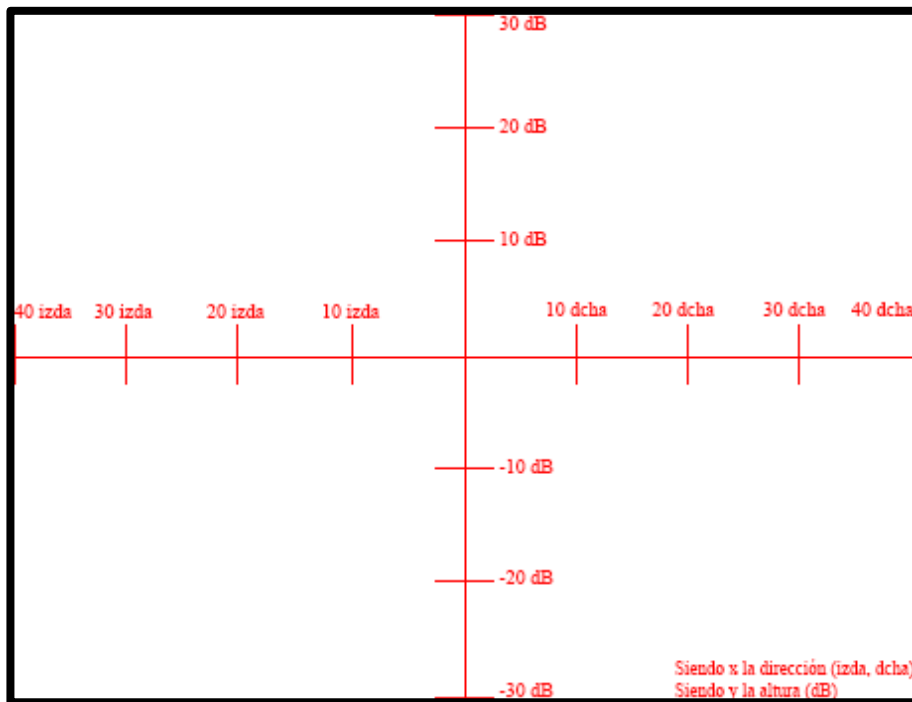


Figura 85. Plantilla que contiene coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: Elaboración propia

4.07.1.1. “1”.

Para llevar a cabo el diseño del número 1, utilizaremos las siguientes pautas de dirección, así como de intensidad.

Nuestro punto de partida será ganancia de 1.25 dB y una panoramización de 2,5 izquierda, a partir de ahora, expresado en (2.5izda, 1.25 dB), que irá aumentando en términos de ganancia y disminuyendo en términos de panoramización (partimos de la izquierda para ajustarnos al centro o más a la derecha), resultando, así: (0, 2.5 dB). Tras esto, seguiremos el trazo disminuyendo la intensidad hasta -2.5 dB y seguiremos con una panoramización de 0,0: (0, -2.5 dB).

Todos los números irán dentro de este patrón cartesiano en el que los ejes de abscisas representan si es izquierda o derecha y los de ordenadas, la ganancia o intensidad de la señal (altura).

Tal y como se sigue en el ejemplo proveniente de *Cuadernillos Rubio* sobre cómo hacer el número “1”, procederemos a sonificar las coordenadas. Como hemos dicho, el espacio es relativo, es el que elijamos nosotros, por lo que, cualquier coordenada sonora elegida será correcta, siempre y cuando siga el mismo patrón grafológico acústico.

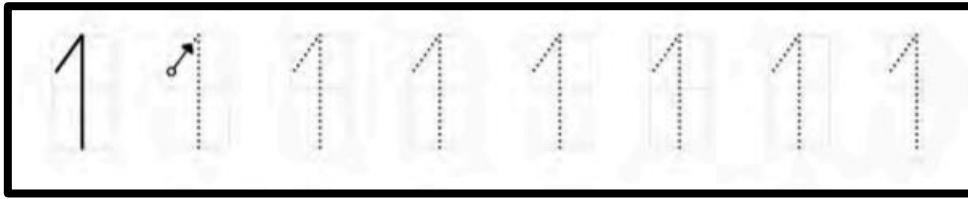


Figura 86. Desarrollo gráfico del número 1. Fuente: Cuadernillos Rubio

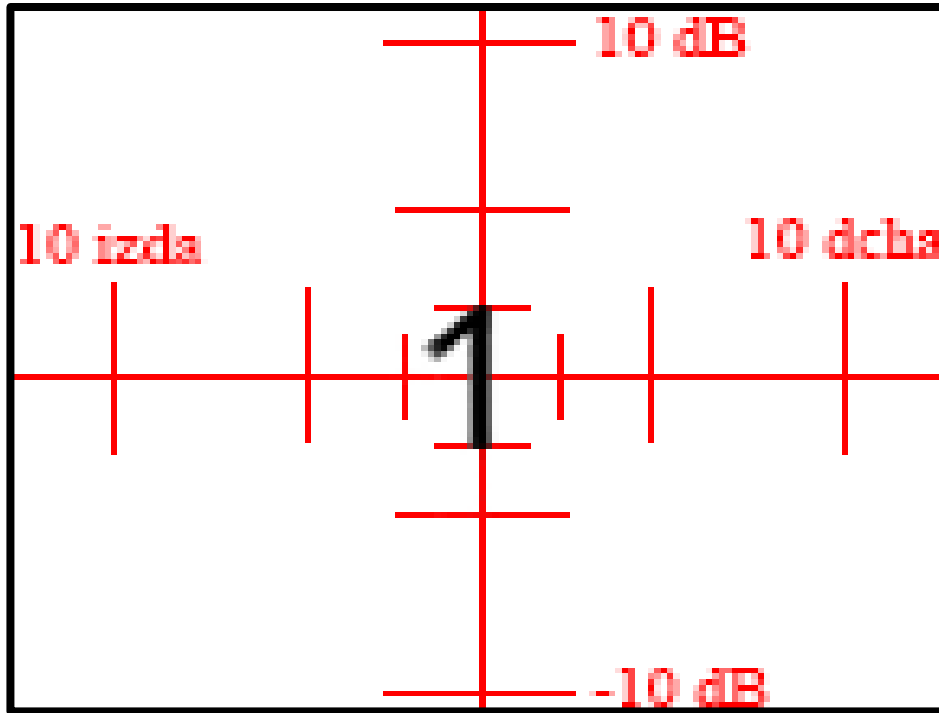


Figura 87. Número 1 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Para la representación de figuras, hemos tratado de no tomar ganancias muy altas, debido a que esto podría ocasionar daños auditivos si la intensidad de la señal es excesiva. Hemos preferido no sobrepasar los 2,5 dB de amplitud por defecto, de tal forma, que la horquilla grafológica se perciba, sin perjudicar a ningún escuchante.

4.07.1.2. “2”.

Para hacer el número “2”, tomaremos las mismas referencias cartesianas sonoras que las tomadas con el “1”, por los motivos que anteriormente comentábamos.

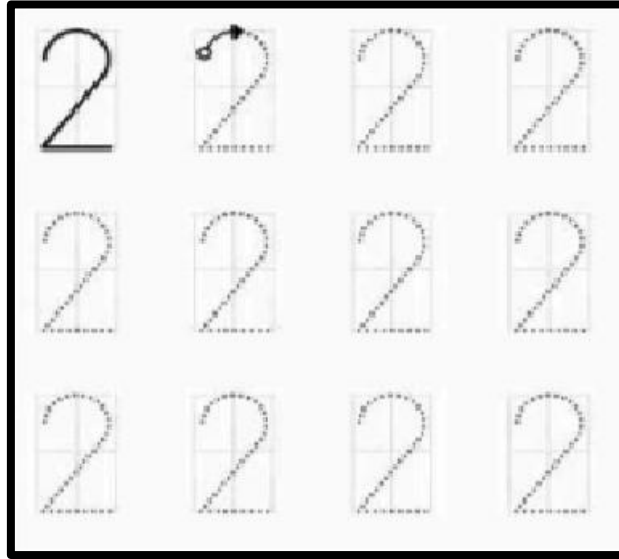


Figura 88. Desarrollo gráfico del número 2. Fuente: Cuadernillos Rubio

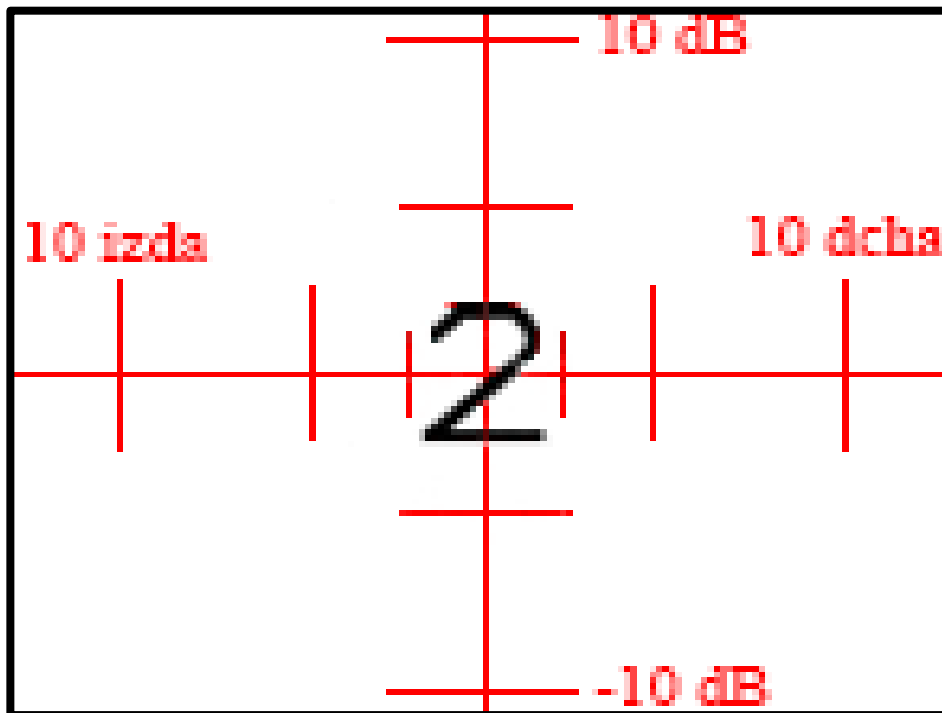


Figura 89. Número 2 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Para realizar el número “2” de forma sonora, tomaremos como punto de partida, siguiendo los órdenes de dirección propuestos por *Cuadernillos Rubio*, las coordenadas (1.25 izda, 1.25 dB) y seguiremos trazando un arco sonoro hasta que el siguiente punto sea el (0, 2.5 dB). Continuaremos trazando el arco sin detenernos hasta el siguiente punto: el (1.25 dcha, 1.25 dB), y desde ahí, trazaremos una línea recta pasando hacia el área contraria (desde donde partimos), pasando por el punto central (0, -0.25 dB) hasta llegar al

momento (2.3 izda, -2.5 dB) y terminaríamos el trazado hacia el área contraria en el punto (2.3 dcha, -2.5 dB).

4.07.1.3. “3”.

Para hacer el número “3”, seguiremos el orden de trazos expuesto en la plantilla que aparece a continuación:

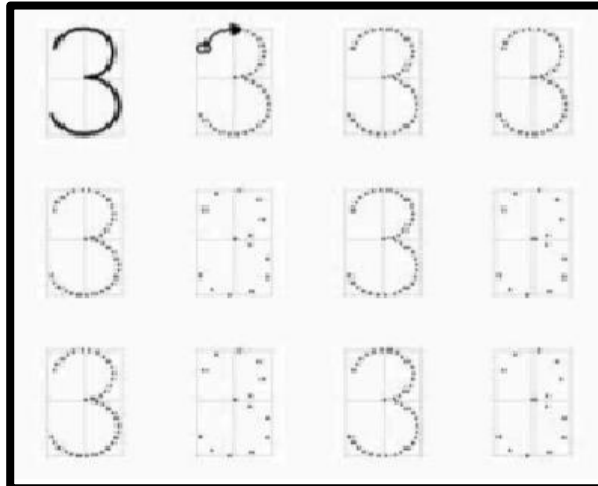


Figura 90. Desarrollo gráfico del número 3. Fuente: Cuadernillos Rubio

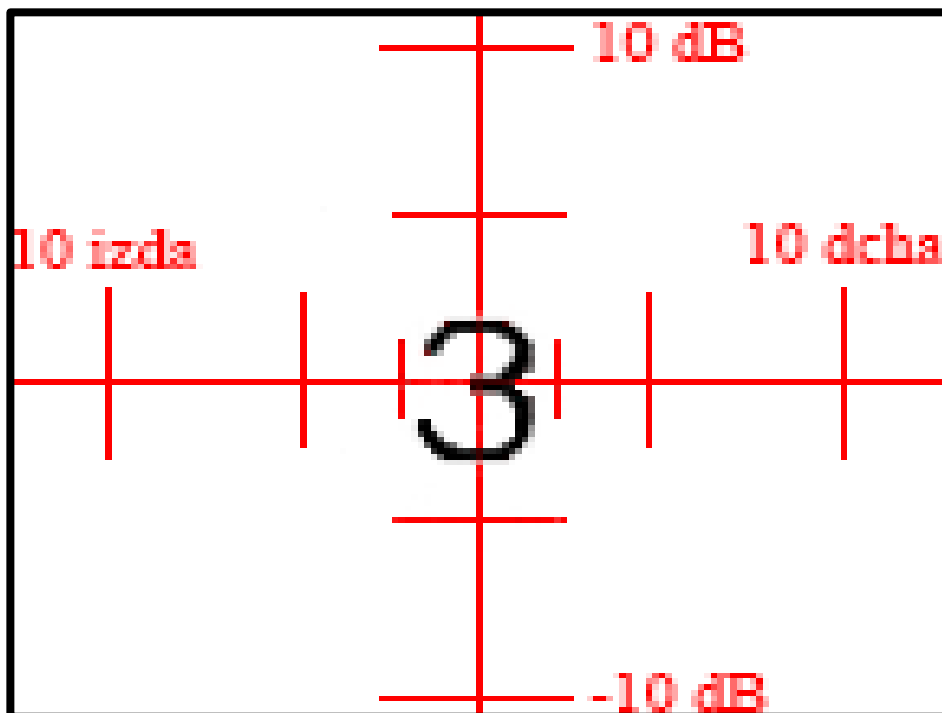


Figura 91. Número 3 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Para hacer el número “3”, empezaremos primero por el punto (1.5 izda, 1.25 dB) y continuaremos describiendo un arco hasta el punto intermedio (0, 2.5 dB) y seguiremos el trazado pasando por el punto (1.5 dcha, 1.25 dB) hasta llegar al punto (0, 0 dB). Desde ese punto, avanzaremos en arco hacia el (1.5 dcha, -1 dB) y seguiremos el mismo hasta

llegar al punto (0, -2.5 dB), para terminar desde ahí el arco en el área contraria en las coordenadas (1.5 izda, -1.25 dB).

4.07.1.4. “4”.

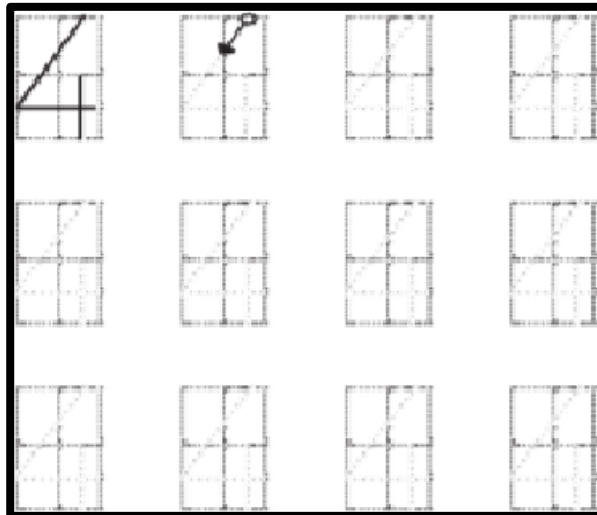


Figura 92. Desarrollo gráfico del número 4. Fuente: Cuadernillos Rubio

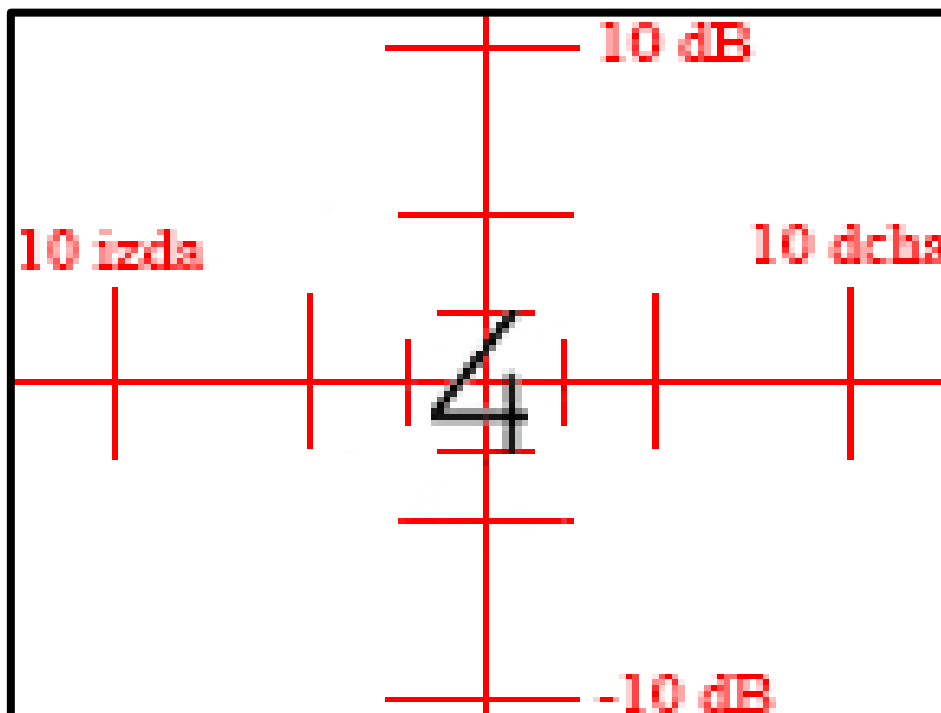


Figura 93. Número 4 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Para realizar el número “4”, tendríamos que empezar por el punto (1 dcha, 2.5 dB), y desplazarnos en línea recta descendente, pasando por el (0, 1.25 dB) y (1.25 izda, 0 dB) hasta llegar totalmente al área contraria, en el punto alejado de (2 izda, -1.25 dB). De ahí, trazar una línea constante hasta el otro área (como una asíntota horizontal), en el punto

(1.25 dcha, -1.25 dB). Por último, habría que realizar un último trazo sonoro que fuese desde el punto (1 dcha, 0,1 dB), al término (1 dcha, -2.5 dB).

4.07.1.5. “5”.

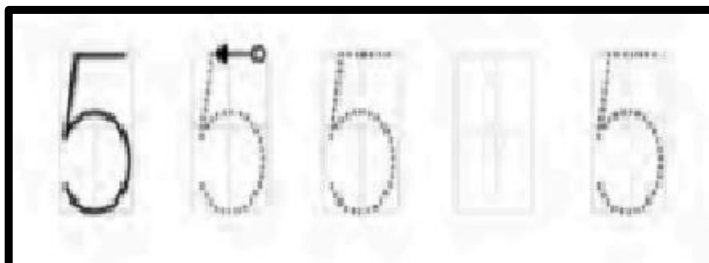


Figura 94. Desarrollo gráfico del número 5. Fuente: Cuadernillos Rubio

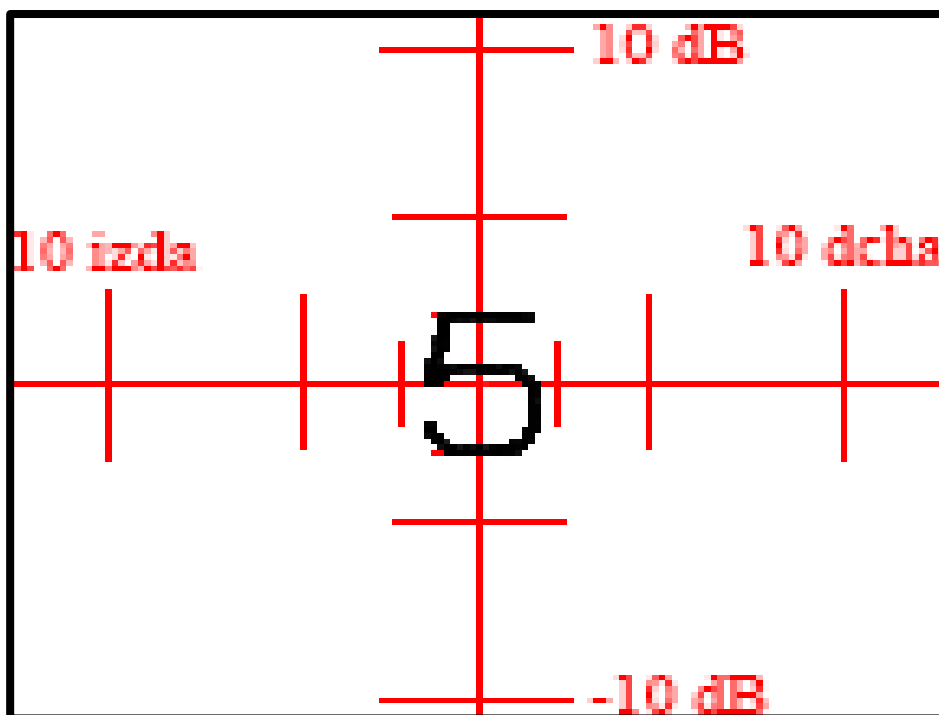


Figura 95. Número 4 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Para la realización del “número 5 sonoro”, empezaremos por el punto (2 dcha, 2.5 dB) y trazaremos una línea constante horizontal pasando por el (0, 2.5 dB) hasta el (1.25 izda, 2.5 dB). Desde ahí, recorreremos en orden descendente hasta el punto (0, 0.75 dB) y realizaremos un arco que empezará constante hasta el (1.25 dcha, 0.75 dB), y luego en descendente pasando por el (2 dcha, 0 dB) y continuaremos en este sentido hasta el (2 dcha, -1.25 dB), donde seguiremos bajando hasta el punto de corte con el eje de ordenadas (0, -2.5 dB) que será nuestra antesala al “punto de inflexión”. Por último, seguiremos constantes hasta el (1 izda, -2.5 dB) y después hasta el (2 izda, -1 dB), donde finalizaremos.

4.07.1.6. “6”.

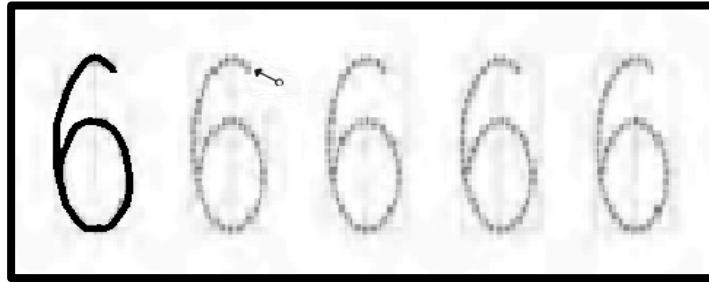


Figura 96. Desarrollo gráfico del número 6. Fuente: Cuadernillos Rubio

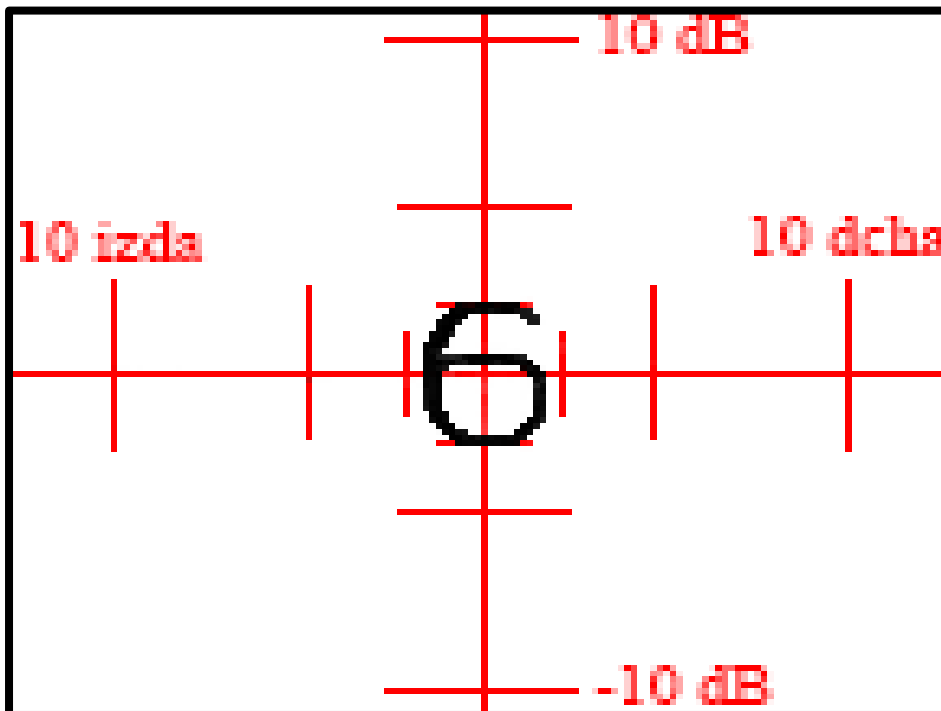


Figura 97. Número 6 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Para hacer el “número 6 sonoro”, habremos de empezar desde el punto (2 dcha, 2 dB) trazando un recorrido antihorario hasta el (1 izda, 2.5 dB) y continuando en orden descendente ampliando el ángulo hasta el (2 izda, 0 dB) y siguiendo hasta abajo, en el (1 izda, -2.5 dB). Allí seguiremos recto hacia el área contraria, en el punto simétrico (1 dcha, -2.5 dB), para realizar otro arco “concéntrico” al anterior que partirá del (2 dcha, -1.75 dB) en orden ascendente hasta el punto de corte con el eje de abscisas: el (2 dcha, 0 dB). Seguiremos ascendiendo pero con mayor notoriedad en la panoramización, llegando hasta el (1.25 dcha, 0.75 dB) y continuaremos casi constante en sentido antihorario, pasando por el punto de corte con el eje de ordenadas (0, 0.75 dB), hasta finalizar nuestra figura en el punto (2 izda, 0 dB).

4.07.1.7. “7”.

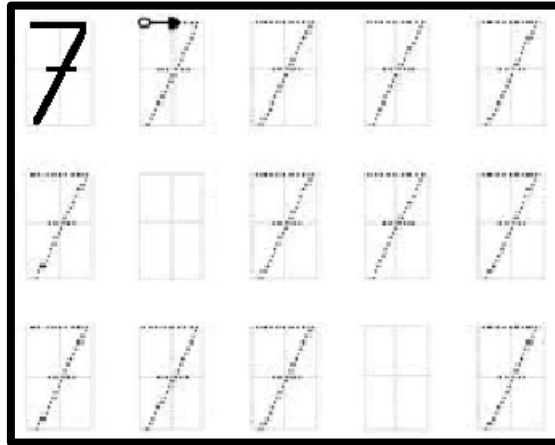


Figura 98. Desarrollo gráfico del número 7. Fuente: Cuadernillos Rubio

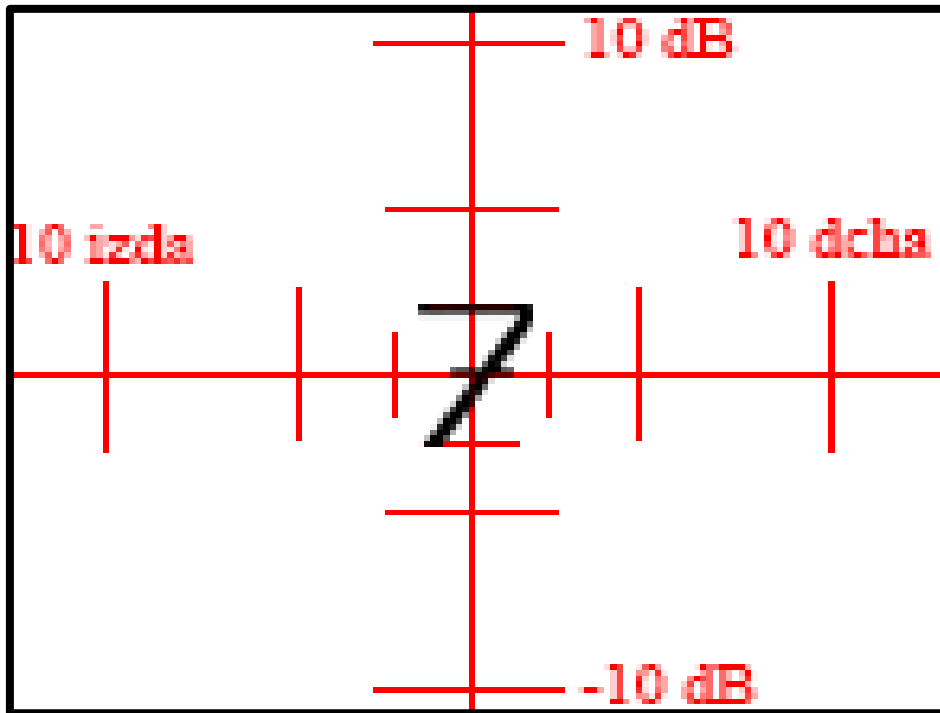


Figura 99. Número 7 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Para llevar a cabo la realización del número “7 sonoro”, es preciso tomar como punto de partida el (2 izda, 2.5 dB) para luego de forma constante, trazar una línea en su lado contrario: el (2 dcha, 2.5 dB). Después, bajaremos hacia el punto (0.25 dcha, 0 dB) y continuaremos hasta el (2 izda, -2.5 dB). Por último, realizaremos el trazo central que inicia en el (0.75 izda, 0 dB), y termina en el (1.25 dcha, 0 dB).

4.07.1.8. “8”.

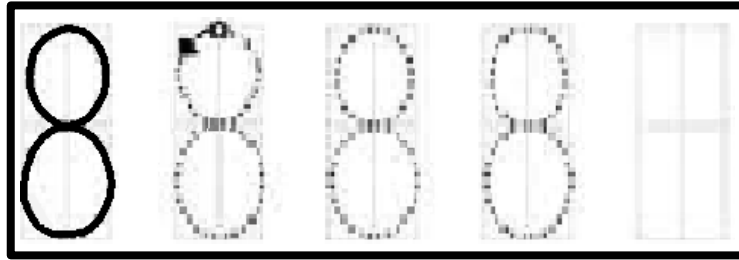


Figura 100. Desarrollo gráfico del número 8. Fuente: Cuadernillos Rubio

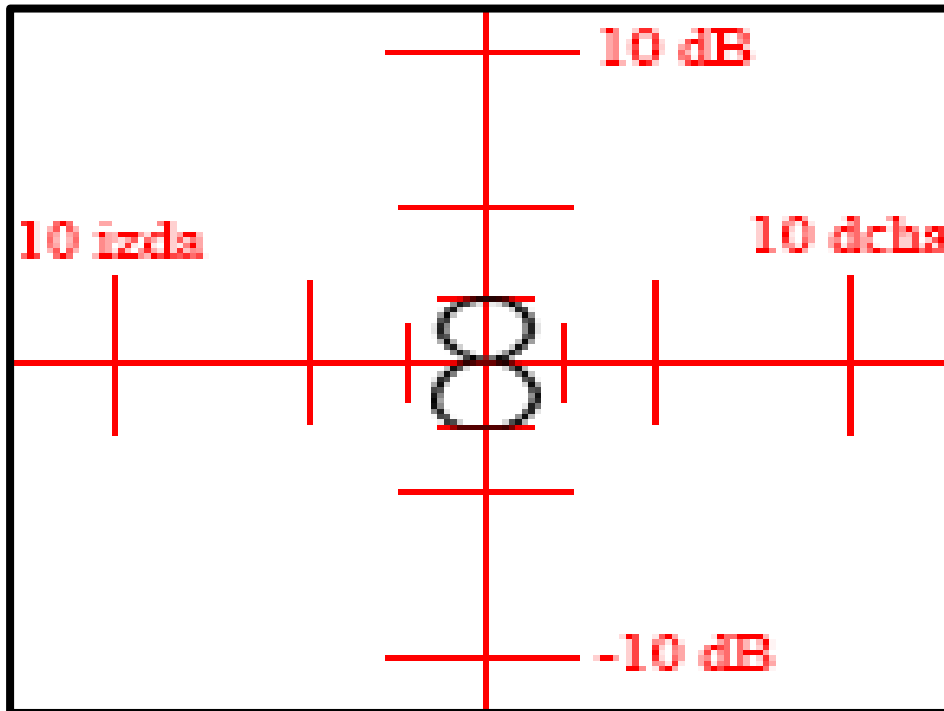


Figura 101. Número 8 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Para realizar un “8 sonoro”, hay que seguir el orden de trazos, como hicimos con todos los anteriores números, según el criterio de *Cuadernillos Rubio*. Por ello, tomando como referencia éste, procederemos a la realización del mismo. Comenzaremos a partir del punto (0, 2.5 dB) y trazaremos una semicircunferencia hacia la izquierda hasta el punto (0, 0 dB), donde continuaremos con otra semicircunferencia hacia la derecha hasta el momento (0, -2.5 dB). Desde aquí, realizaremos otra semicircunferencia en dirección opuesta a esta última, volviendo a pasar por el punto (0, 0 dB), y a su vez, terminando con otra semicircunferencia más pequeña (la simétricamente opuesta a la primera, la contraria a la del principio) hasta el mismo punto del que partimos: el (0, 2.5 dB).

4.07.1.9. “9”.

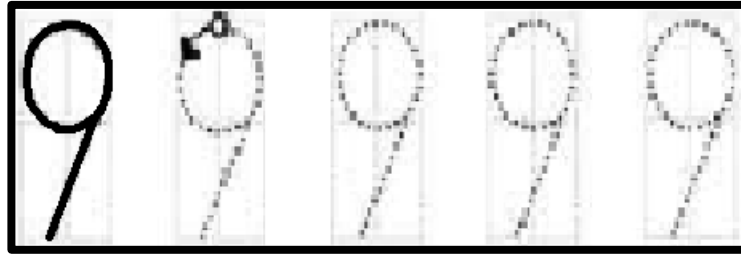


Figura 102. Desarrollo gráfico del número 9. Fuente: Cuadernillos Rubio

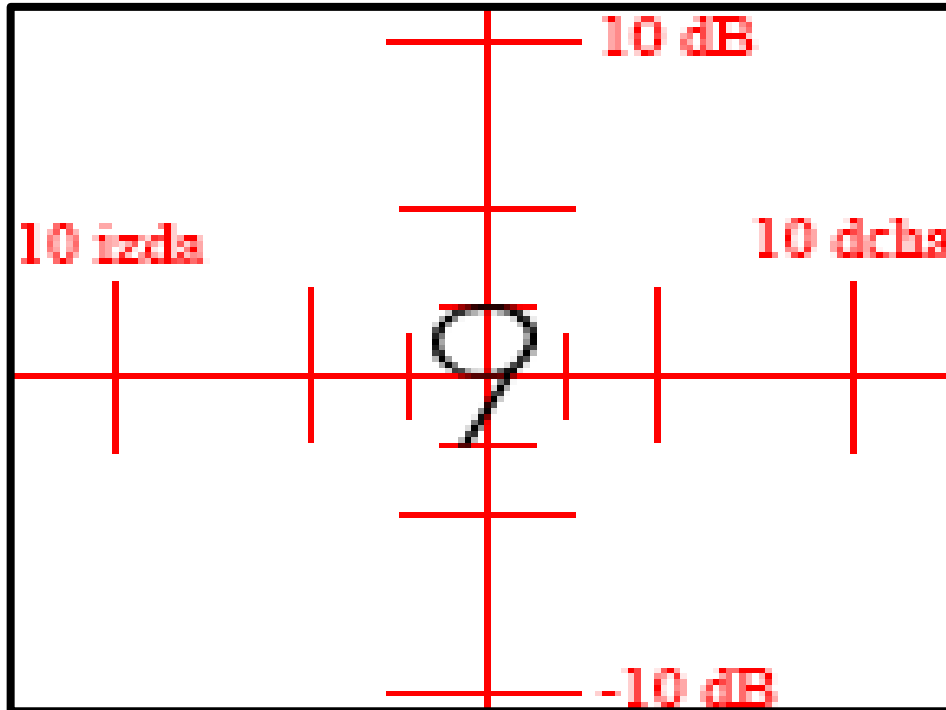


Figura 103. Número 9 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

El “número 9 sonoro” empezaría por el punto (0, 2.5 dB) y trazaría una semicircunferencia a la izquierda hasta el (0, 0 dB), donde completaría el círculo, al volver hacia su punto inicial, el punto del principio (0, 2.5 dB). Por último, el trazo que supone el término de la figura numérica es una línea recta en diagonal que empezaría por el punto que comprende la bisectriz del eje de ordenadas en valores positivos y orientada a la derecha: en el punto (1.25 dcha, 1.25 dB), y surcaría la gráfica hacia el área contraria, hasta acabar en el (0.75 izda, -2.5 dB), pasando antes por el punto de corte con el eje de ordenadas o de las ganancias (0, -1.25 dB).

4.07.1.10. “0”.

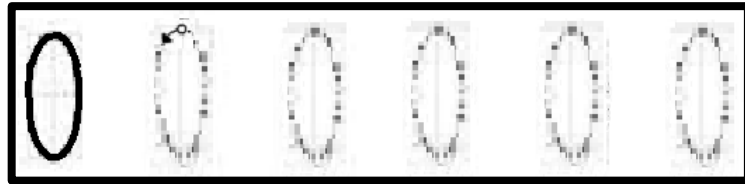


Figura 104. Desarrollo gráfico del número 0. Fuente: Cuadernillos Rubio

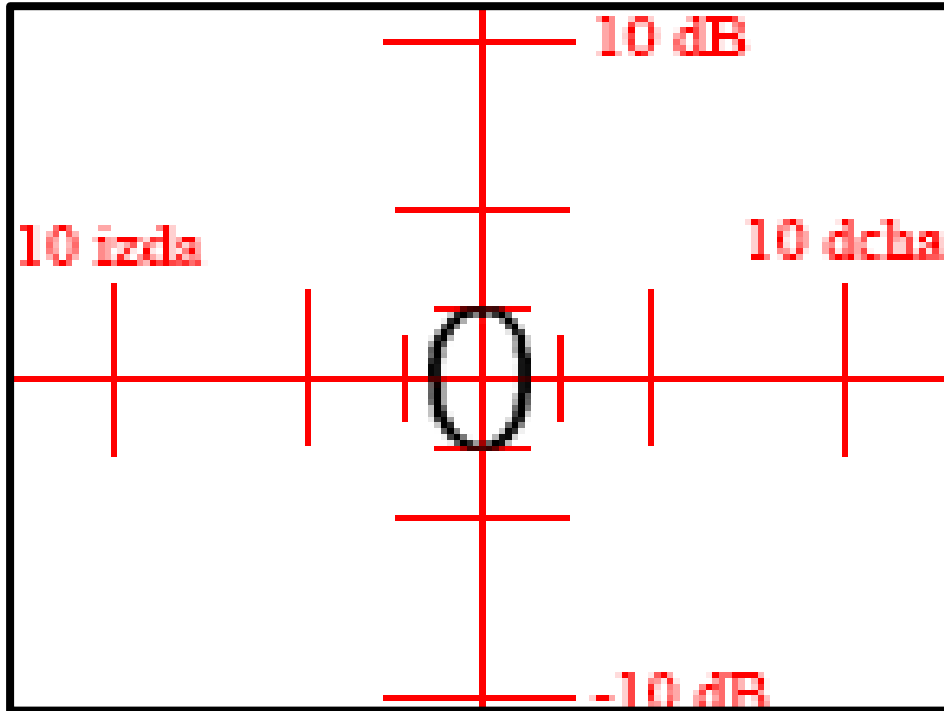


Figura 105. Número 9 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Para la realización del “número 0 sonoro”, tendremos que empezar, tal y como nos asegura: *Cuadernillos Rubio*, en lo que correspondería según nuestro gráfico de coordenadas cartesianas en el (0, 2.5 dB), para tornar hacia la izquierda en forma de medio arco, pasando por el punto de corte con el eje de abscisas, panoramización, o de nuestra x: el (1.25 izda, 0 dB), para continuar el trazo hasta el punto de “simetría par” correspondiente al punto de partida (0, -2.5 dB). Éste será nuestro nuevo punto de salida para pasar por el punto de “simetría par” que correspondía con el punto medio del arco inmediatamente anterior (1.25 dcha, 0 dB), para llegar hasta nuestra punto de partida: el (0, 2.5 dB). Es decir; el “cero” es un “punto” de retorno hacia sí mismo.

4.07.1.11. “10...100,...1000....”

La realización de estos supondrá el mismo proceso que el de la unión de sílabas que veremos más adelante para formar unidades mayores, en pares de dos o de dos y uno (si fuera impar). En cualquiera de los casos que ahora nos ocupan, la única diferencia con respecto a los números por separado es que estos, a partir de la construcción predefinida de los mismos como unidades, sólo colocaremos la configuración predefinida de cada uno de ellos en una sesión multipista y en en panoramizaciones que den como resultado

un único elemento sonoro con dos o más señales simultáneas, pero en regiones o coordenadas sonoras cartesianas deferentes con respecto al eje de abcisas o de las x, tal y como haríamos al escribir los números (uno más a la izquierda por el hecho de componer unidades mayores que el de al lado que le acompaña, situado más a la derecha).

Por ejemplo, tomaremos el número “10” como tal, y lo convertiremos en sonoro. Para ello, tomaremos el ejemplo (*sampler* en su nomenclatura anglosajona) sonoro del “número 1 sonificado” y del “número 0 sonificado” y los combinaremos en un único audio o salida sonora que presente ambas piezas sonoras, pero la “una” situada más a la izquierda, (1.25 izda) y para la “otra” más a la derecha o (1.25 dcha). Ambas, en su mediatriz o media ponderada entre su punto más alejado y más cercano con respecto al eje de abcisas.

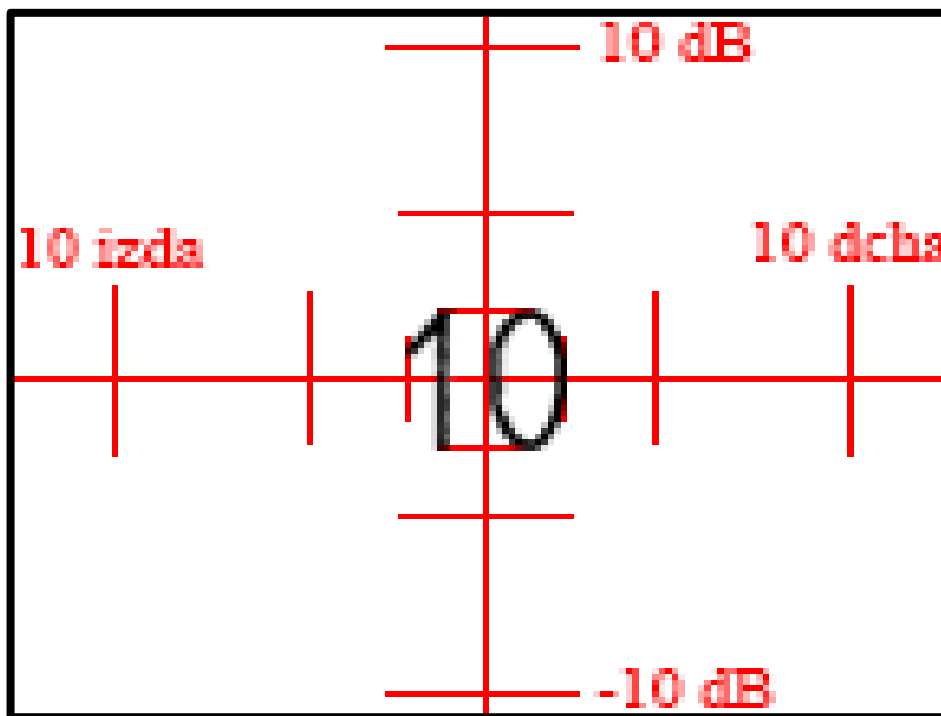


Figura 106. Número 10 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Como hemos comentado, en el sonido, el espacio es regido por el tiempo, mientras que en la luz es al contrario. Por ello, el espacio es elegido, reubicado en nuevas plantillas, tal y como haríamos a la hora de escribir (es una ilusión). Por ello, la ganancia resultante de la mezcla final, atenderá a los condicionantes según la superposición de capas o dimensiones de realidad finales para los que estén regidos, de acuerdo al soporte o la plantilla en donde finalmente se ubicarán. Construcción sonora que veremos en apartados posteriores.

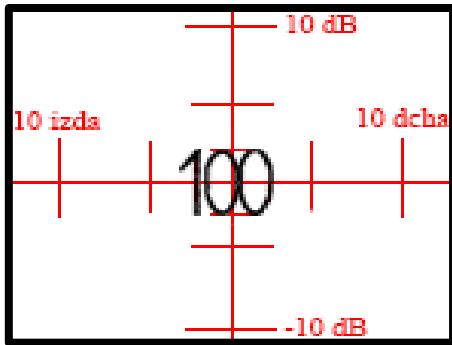


Figura 107. Número 100 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

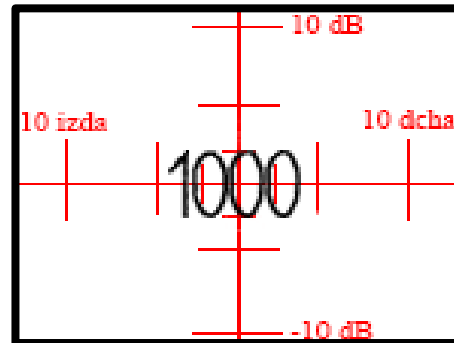


Figura 108. Número 1000 sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2. LETRAS

Para la realización de letras, seguiremos el mismo criterio que en el que nos hemos basado a la hora de representar, a partir de sonido, números. Para ello, seguiremos las directrices de las variables en cuanto a ganancia (y) y panoramización (x). Obteniendo, así, una ubicación espacial a la hora de expresar coordenadas en cuanto a representación de trazos y líneas que compondrán nuestras figuras.

4.07.2.1 VOCALES

4.07.2.1.1. “A, a”



Figura 109. Desarrollo gráfico de la letra A. Fuente: Cuadernillos Rubio

La traducción sonora de la letra “A” a partir del orden de trazos, empezaría por el punto (2 izda, -2.5 dB) y llegaría hasta el momento (0, 2.5 dB) para volver al punto simétrico (2 dcha, -2.5 dB). Por último, el último trazo que cruza de forma constante en cuanto a la ganancia, entre el principio (1 izda, -0.25 dB) y el término (1 dcha, -0.25).

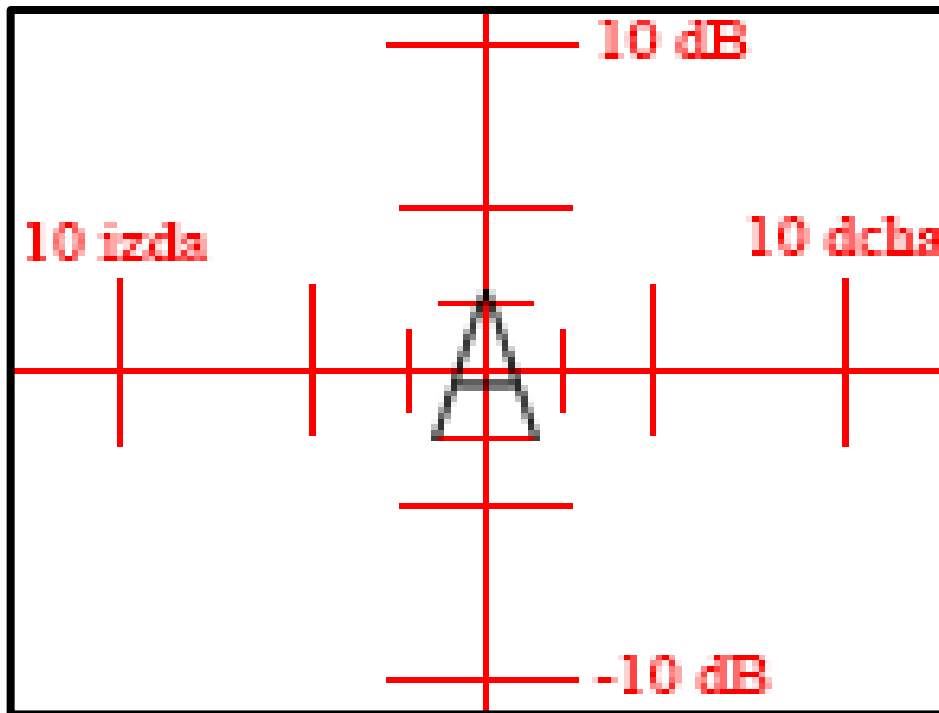


Figura 110. Letra A sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

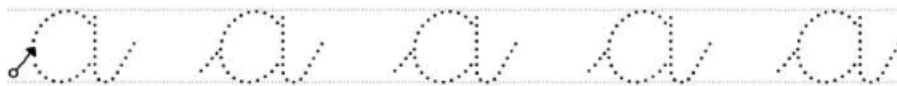


Figura 111. Desarrollo gráfico de la letra a. Fuente: Cuadernillos Rubio

Para llevar a cabo la sonificación de la letra “a”, comenzamos por el punto (2.5 izda, -1.25 dB) y seguimos recto hasta el (1.9 izda, -0.25 dB). El siguiente punto por el que empezaremos el siguiente trazo será el (1 dcha, 1.25 dB) y trazaremos el sonido de forma ascendente, pasando por el máximo (0, 2dB), y siguiendo en arco descendente hasta el (2 izda, 0 dB), hasta el mínimo (0.25 izda, -2 dB), y subiendo, entonces, pasando por el (0, -1.9 dB), por el (0.5 dcha, -1.25 dB) hasta llegar al punto inicial (1 dcha, 1.25 dB). Para terminar, partiendo de este último punto, descenderemos pasando otra vez por el (0, -1.9 dB), pero esta vez, nos desplazaremos descendentemente hacia la derecha, en el siguiente (2 dcha, -2 dB). Desde ahí, ascenderemos hasta el (2.5 dcha, 0 dB).

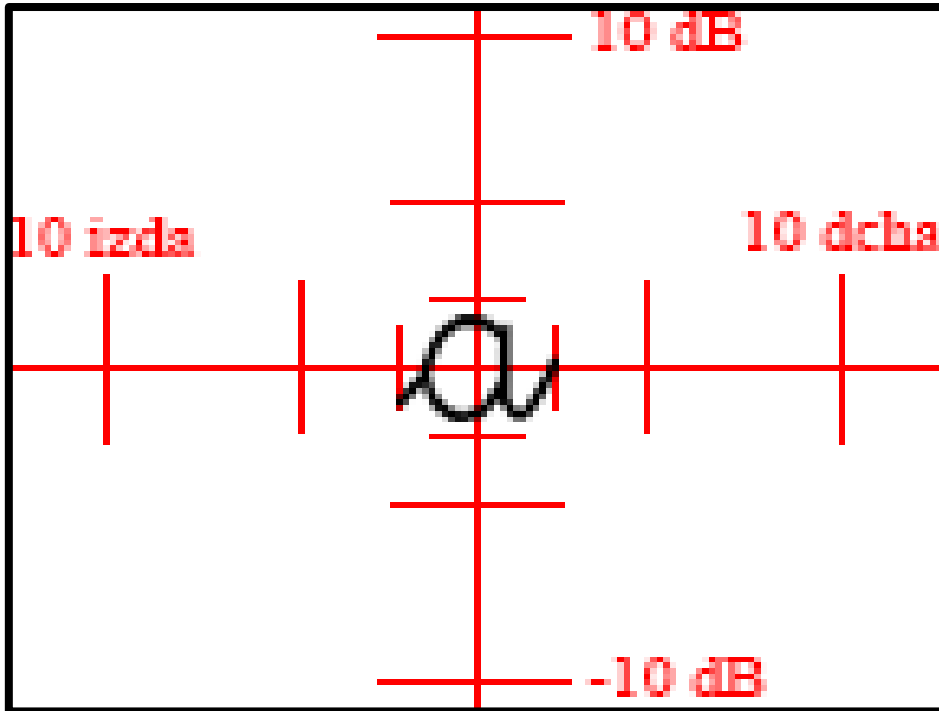


Figura 112. Letra a sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.1.2. “E, e”



Figura 113. Desarrollo gráfico de la letra E. Fuente: Cuadernillos Rubio

Sonificar la letra “E” por el orden de trazos es relativamente sencillo. Empezaríamos por el punto (1.9 izda, 2.5 dB) y descenderíamos en línea recta (sin cambio en la panoramización, sí en la ganancia) hasta el (1.9 izda, -2.5 dB). Una vez realizado el primer trazo que compone la letra, procederemos a los tres siguientes, paralelos entre sí:

El primero, con más ganancia, empezaría en el (1.9 izda, 2.5 dB) y seguiría constante en ganancia (como ocurrirá con los otros dos trazos posteriores, no en panoramización. Serían una especie de asíntotas horizontales, y el primer trazo realizado, una vertical) hasta el punto (1.9 dcha, 2.5 dB).

El segundo trazo, ganancia intermedia, empieza en el punto (1.9 izda, 0,25 dB) y concluye en el (1 dcha, 0,25 dB).

El último, con menor ganancia de todos, comienza en el (1.9 izda, -2.5 dB) y finaliza su recorrido en el (1.9 dcha, -2.5 dB).

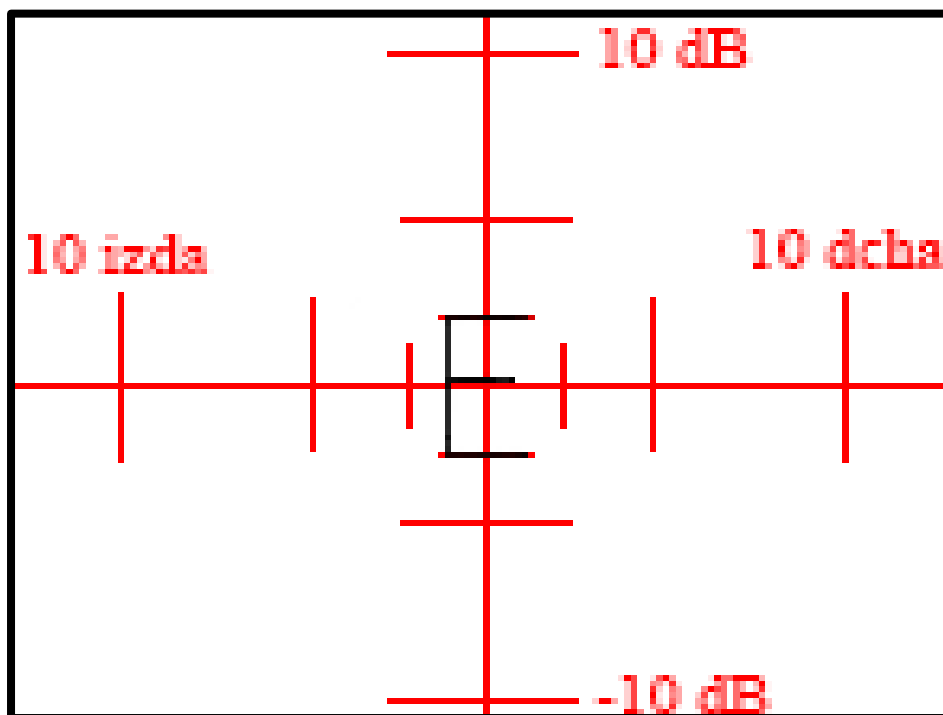


Figura 114. Letra E sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 115. Desarrollo gráfico de la letra e. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación de la letra “e” empezaría en el punto (2.5 izda, -1.25 dB), subiendo hasta el (2 izda, 0.25 dB) y desde ahí, realizando una semicircunferencia descendente hasta el (0, 0,2 dB), donde empezaremos en orden ascendente, pasando por el punto (1.25 dcha, 1.25 dB) y continuaremos de forma positiva hasta el (0, 2.25 dB), donde empezaremos a descender hasta volver en forma de medio arco al punto en el que empezamos la semicircunferencia (2 izda, 0.25 dB). Una vez realizado la mitad de la figura, desde el mismo punto, descenderemos realizando una curva, pasando por el (1.25 izda, -0.5 dB), y continuaremos de forma negativa hasta su mínimo absoluto, el (0, -1.5 dB). Una vez trazado este punto, el cambio de tendencia o punto de inflexión, dará lugar a una curva ascendente hasta el punto (2.5 dcha, 0,25 dB).

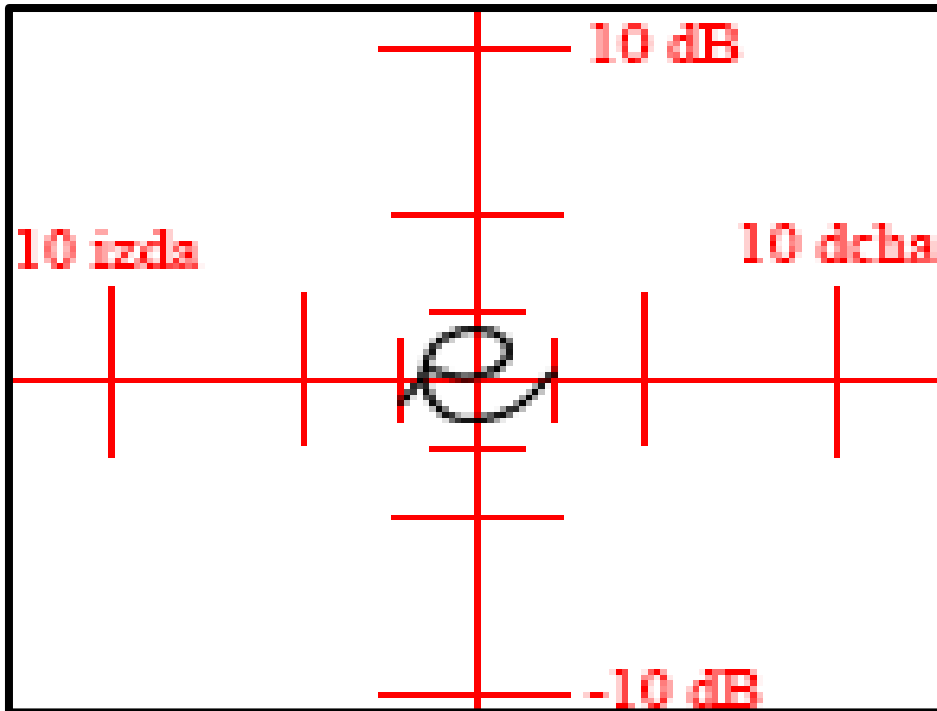


Figura 116. Letra e sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.1.3. “I, i”



Figura 117. Desarrollo gráfico de la letra I. Fuente: Cuadernillos Rubio

Sonificar la letra “I” es sencillo, consta de tres trazos:

El primero y principal, parte desde el punto (0, 2.5 dB) y bajaría en forma recta hasta el contrario (0, -2.5 dB).

Los secundarios serían iguales en panoramización, partiendo del 0,25 izda hasta el 0,25 dcha. No obstante; la ganancia del primero sería constante en 2.5 dB, mientras que la del último, en -2.5 dB).

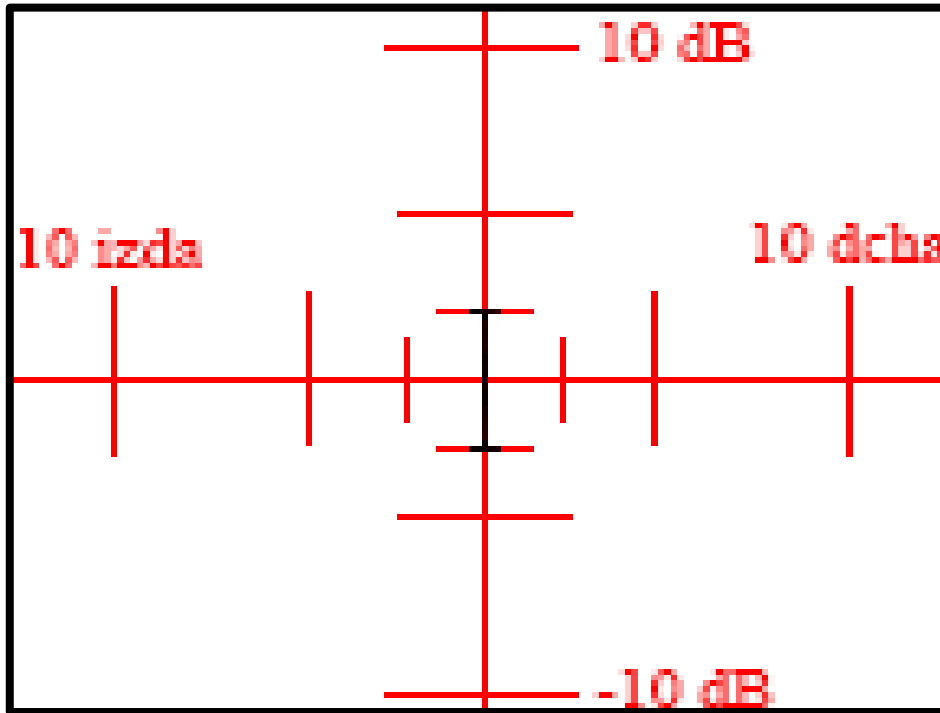


Figura 118. Letra I sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

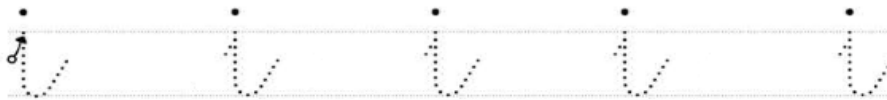


Figura 119. Desarrollo gráfico de la letra i. Fuente: Cuadernillos Rubio

El conjunto de trazos que compondrían la “i” empezarían por el punto (1.25 izda, 0.5 dB) e irían en orden ascendente y curvo hasta el máximo relativo de (0,5 izda, 1.5 dB). Después, realizaríamos un cambio de ganancia únicamente hasta situarnos en el punto (0.5 izda, -1 dB), y desde ahí, en forma de arco siguiendo la tendencia descendente (esta vez, modificando también la panoramización) nos desplazaríamos hasta el mínimo absoluto (0, -2 dB). Más adelante y de forma constante en ganancia, iríamos hasta el (0.25 dcha, -2 dB), y tras esto, terminaríamos realizando un trazo positivo y ascendente hasta el punto (2 dcha, -0.5 dB).

Por último, nuestro máximo absoluto es un único punto que conformaría el punto de la letra “i”, ubicado en el (0,5 izda, 2.25 dB).

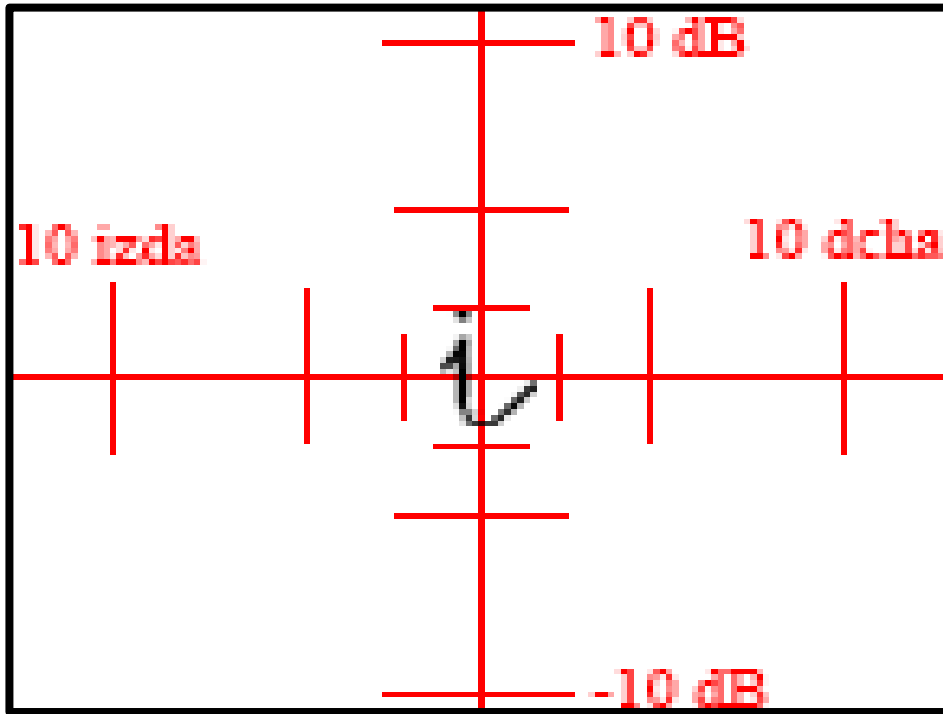


Figura 120. Letra i sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.1.4. “O, o”



Figura 121. Desarrollo gráfico de la letra O. Fuente: Cuadernillos Rubio

La realización a sonido de la letra “O” empezaría por el máximo absoluto que sería el (0, 2.5 dB) y decaería hasta su contrario, el (0, -2.5 dB), pasando antes por el intersticio izquierdo (1.9 izda, 0 dB). Volviendo al mínimo absoluto, el (0, -2.5), iremos de forma ascendente y en forma de medio arco, pasando por el intersticio derecho (1.9 dcha, 0 dB) y llegando al punto del principio desde el que partimos, el máximo absoluto (0, 2.5 dB).

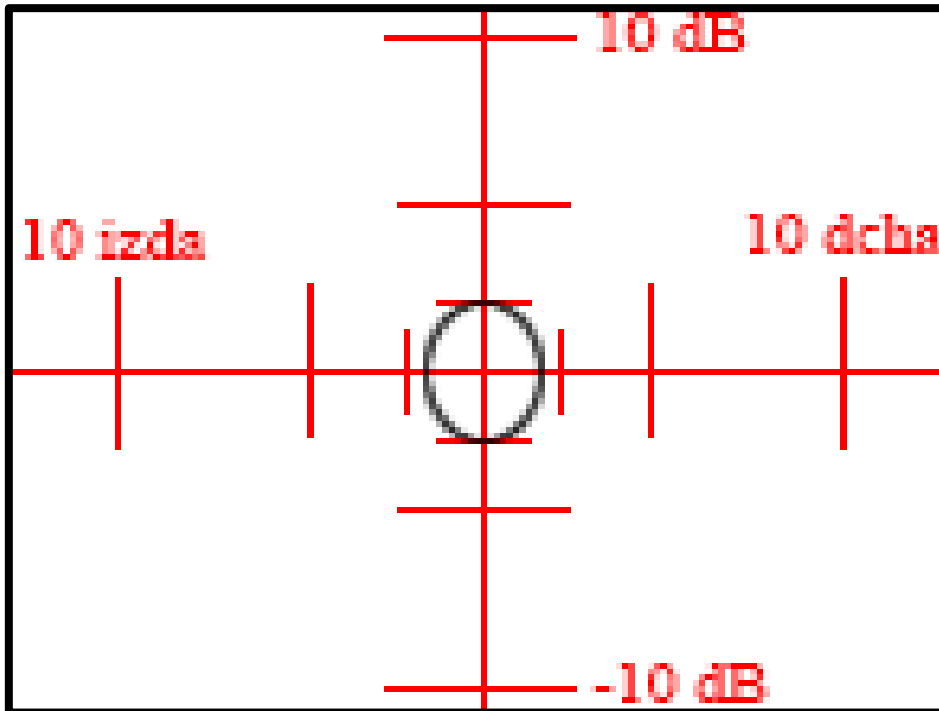


Figura 122. Letra O sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 123. Desarrollo gráfico de la letra o. Fuente: Cuadernillos Rubio

Sonificar la letra “o” es algo más complejo que la letra “O”, y para ello partiremos desde el punto más alejado por la izquierda (2.5 izda, -1 dB) y continuaremos de manera positiva y recta hasta el (1.5 izda, 0 dB). Después, realizaremos el trazo principal que es el que compone mayoritariamente la letra “o”. El punto de partida radica en el punto inmediatamente anterior al máximo absoluto, el (0, 2 dB) y desde éste, descenderemos en ganancia y en forma de arco; pasando por el intersticio izquierdo que coincide con el término del primer trazo (1.5 izda, 0 dB); hasta el mínimo absoluto (0, -1.9 dB). De nuevo, pasaremos por el intersticio, en este caso el derecho, (1.5 dcha, 0 dB) y continuaremos ascendiendo hasta el (0.5 dcha, 1.7 dB) donde realizaremos una caída sólo de ganancia hasta el (0.5 dcha, 1.25 dB), y desde ahí, ya nos desplazaremos también hasta el punto de tangencia (1.5 dcha, 0 dB) y continuaremos en el trazo hasta finalizar en la coordenada (2.5 dcha, -0.2 dB).

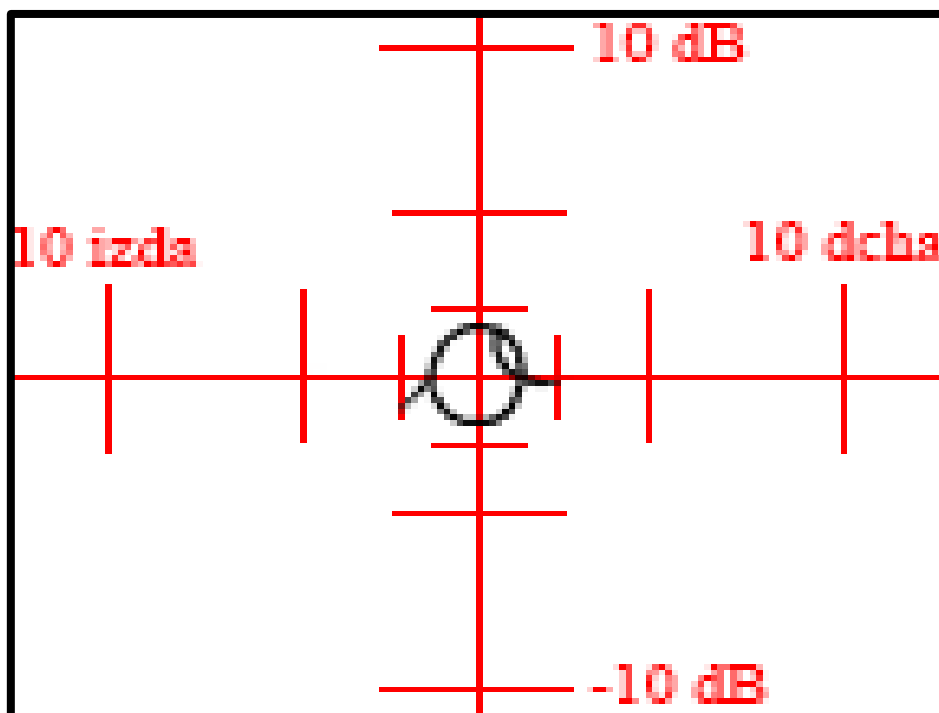


Figura 124. Letra o sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.072.1.5. “U, u”



Figura 125. Desarrollo gráfico de la letra U. Fuente: Cuadernillos Rubio

Sonificar las letras mayúsculas resulta, en general, más sencillo que sus versiones minúsculas. La “U” no es una excepción.

Para sonificar la letra “U” comenzaremos por uno de los máximos absolutos (2 izda, 2.5 dB) y continuaremos describiendo una línea recta con cambio negativo de ganancia o asíntota vertical hasta el punto (2 izda, -1.5 dB), donde allí trazaremos un arco descendente hasta el mínimo absoluto o vértice (0, -2.5 dB). Partiendo del mínimo absoluto, el trazo completo será ascendente, realizando el proceso contrario que en el proceso anterior; trazando un arco hasta el punto del (2 dcha, -1.5 dB); y ascendiendo en ganancia hasta situarnos en el otro máximo absoluto (2 dcha, 2.5 dB). En definitiva, la “U” es afín a lo que entenderíamos por una función cuadrática o de parábola, positiva.

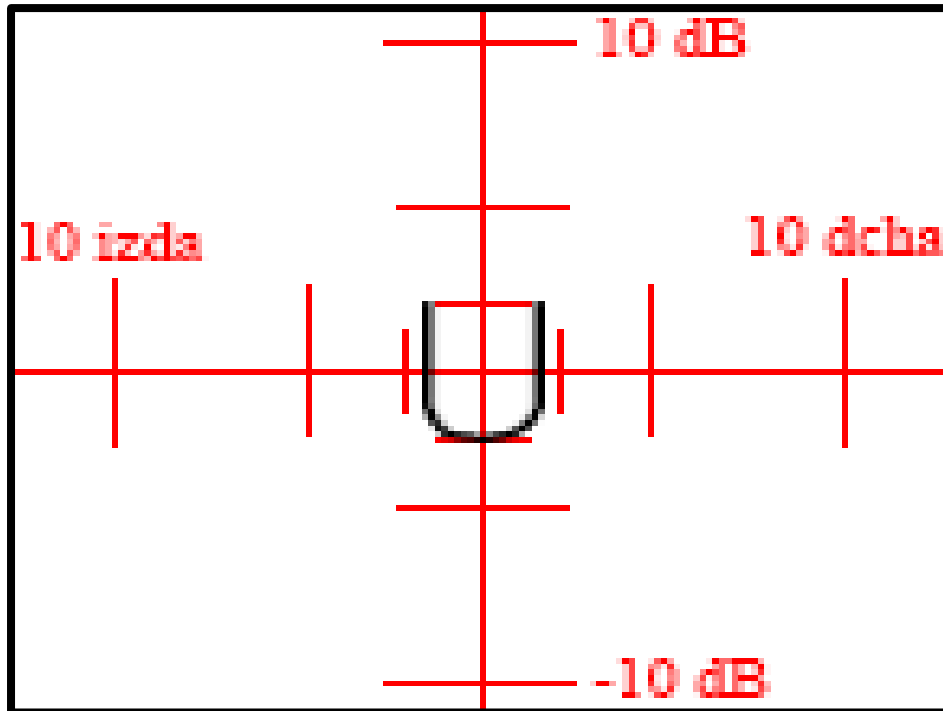


Figura 126. Letra U sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 127. Desarrollo gráfico de la letra u. Fuente: Cuadernillos Rubio

La “u” tiene más trazos que su forma mayúscula. Por ello partiremos del punto situado más a la izquierda, el (2.5 izda, 0.5 dB) hasta ascender describiendo una diminuta curva al máximo absoluto (2.25 izda, 1.9 dB). Desde ahí, bajaremos en ganancia hasta el mínimo relativo, el (2.25 izda, -0.5 dB) y trazaremos un arco hasta el mínimo absoluto (1.9 izda, -1.25 dB) y continuaremos constante en ganancia hasta que lleguemos al (0.25 izda, -1.25 dB), donde trazaremos un arco ascendente pasando por el punto de tangencia con el eje de ordenadas (“y”, o ganancia), el (0, -0.6 dB). Con esto, habríamos completado la mitad de la figura.

Para completar la figura partiremos desde el término medio, el (0, -0.6 dB) y ascenderemos hasta el punto (0.25 dcha, -0.25 dB) y desde ahí subiremos hasta el otro máximo absoluto (0.25 izda, 1.9 dB). Después, bajaremos la ganancia, volviendo sobre nuestros pasos, hasta el punto (0.25 dcha, -0.6 dB). Continuemos realizando un trazo curvo hasta el otro mínimo absoluto, el del (1.25 dcha, -1.25 dB) y subiremos recto hasta finalizar en el punto o máximo relativo (2.5 dcha, 0.2 dB).

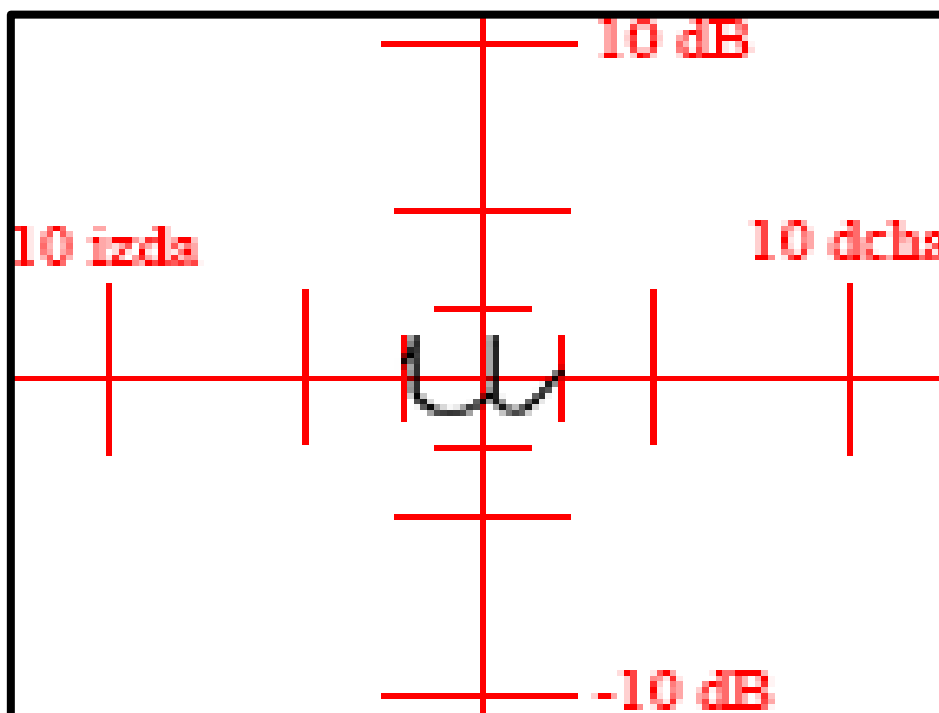


Figura 128. Letra u sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2. CONSONANTES

4.07.2.2.1. “B, b”



Figura 129. Desarrollo gráfico de la letra B. Fuente: Cuadernillos Rubio

Para sonificar la “B” empezamos por el punto (1.25 izda, 2.5 dB) y seguimos manteniendo el valor de la x o de la panoramización mientras descendemos hasta el punto (1.25 izda, -2.5 dB). Después, partiendo de nuevo por el principio (1.25 izda, 2.5 dB), esta vez mantendremos la ganancia, no la panoramización, hasta el (1 dcha, 2.5 dB) donde desde ahí procederemos a descender en forma de arco hasta el intersticio (1.9 dcha, 1.25 dB). Tras esto, seguiremos descendiendo en forma de arco hasta llegar al (1.25 dcha, 0 dB), y seguiremos la constante con el eje de abcisas hasta el punto (1.25 izda, 0 dB). Con esto, habríamos finalizado la parte intermedia de la figura.

Para la otra mitad de la figura, partiremos del mismo punto el (1.25 izda, 0 dB) y volveremos a pasar por el (1.25 dcha, 0 dB), sólo que ahora descenderemos en forma de arco hasta el punto medio (2 dcha, -1.25 dB) y continuaremos manteniendo la panoramización hasta el (2 dcha, 1.9 dB), donde allí, terminaremos de realizar el arco descendente hasta obtener la ganancia más baja (1 dcha, -2.5 dB) donde continuaremos con la misma ganancia y paralelos al eje de los -2.5 dB hasta llegar al punto más a la izquierda (1.25 izda, -2.5 dB).

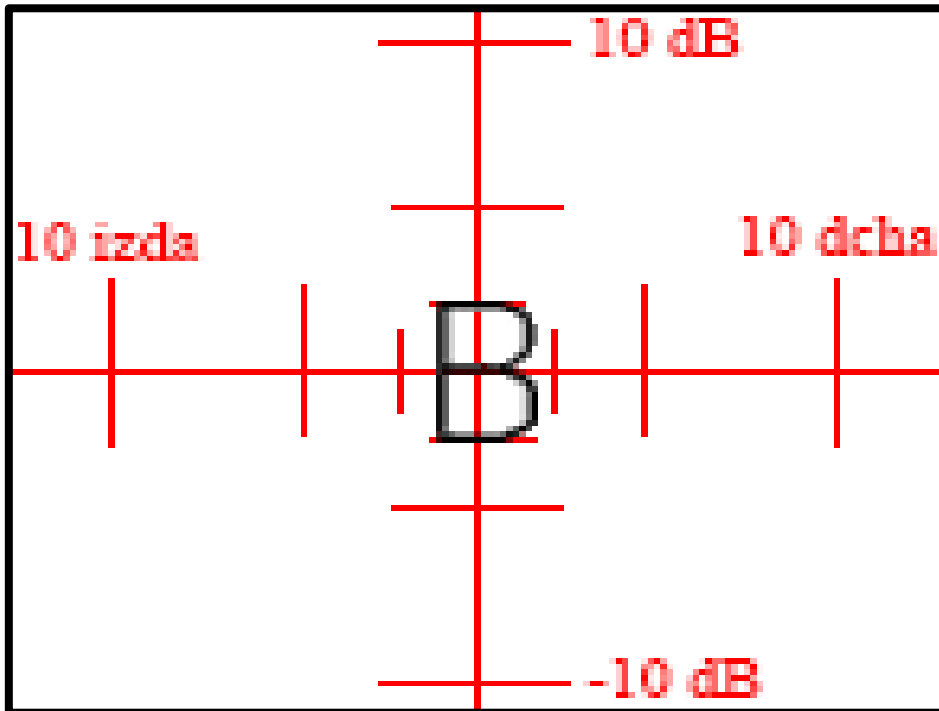


Figura 130. Letra B sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 131. Desarrollo gráfico de la letra b. Fuente: Cuadernillos Rubio

De nuevo, sonificar las minúsculas es más complicado que en su versión contraria, de igual forma, que para un niño aprender los trazos de éstas, ya que, les resultará más fácil, siempre, empezar a conocer las formas mayúsculas.

Para sonificar la letra “b” empezamos por el punto (2.5 izda, -0.5 dB) para ascender exponencialmente; pasando por el punto de corte con el eje de abscisas, el (1.90 izda, 0 dB); hasta el (0.25 izda, 1.25 dB) donde ahí empezaremos a describir un arco ascendente hacia la izquierda, llegando al máximo (0.5 izda, 2.5 dB). Tras esto, terminaríamos el arco, completando así una semicircunferencia hasta el (2 izda, 2 dB), donde ahí, trazaríamos una recta descendente hasta el punto (2 izda, -1.30 dB). Una vez allí, emprenderemos un arco descendente en dirección a la derecha hasta el punto de corte con el eje de ordenadas y momento de inflexión (0, -2.4 dB), donde continuaremos, de forma ascendente en arco hasta el (1.5 dcha, -1.25 dB). La última parte del proceso, será, continuando desde el último punto, siguiendo un arco ascendente hacia la izquierda hasta el (0, 0 dB), donde desde ahí, empezaremos a descender en forma de trazo curvo, pasando por el (0, -0.5 dB) y continuando por el (1.5 dcha, -1.25 dB) hasta concluir en el (2.5 dcha, -1.5 dB).

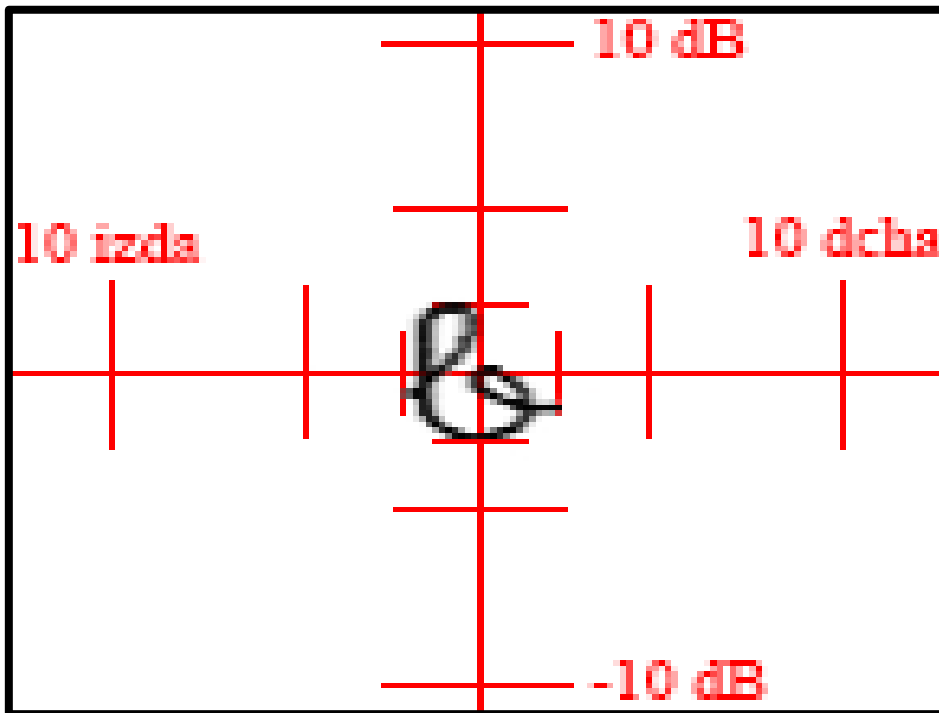


Figura 132. Letra b sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.2. “C, c”



Figura 133. Desarrollo gráfico de la letra C. Fuente: Cuadernillos Rubio

La letra “C” empezaría por el punto (1.9 dcha, 1.5 dB), trazando un arco ascendente hacia la izquierda, hasta llegar al (0, 2.5 dB). Desde ahí, en arco descendente hasta el intersticio (2 izda, 0 dB) y continuando en orden descendente hasta el (0, -2.5 dB). Finalmente, terminando con un arco ascendente hacia la derecha, donde acabaríamos en el (1.9 dcha, -1.5 dB).

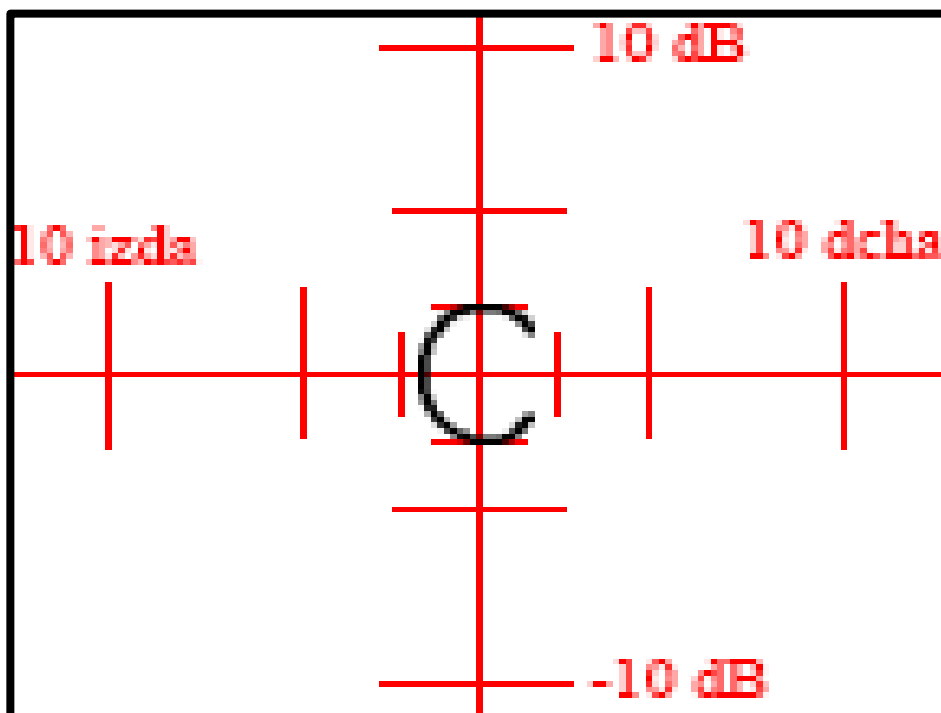


Figura 134. Letra C sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 135. Desarrollo gráfico de la letra c. Fuente: Cuadernillos Rubio

La traducción a sonido en trazos de la letra “c” empezaría semejante a su versión mayúscula.

Partiendo del punto (0.5 dcha, 1.25 dB), ascenderíamos en ganancia hasta el (0.5 dcha, 1.7 dB), donde desde ahí, comenzaríamos el trazo curvo ascendente hacia la izquierda hasta el máximo absoluto (0, 2 dB). Desde este punto descenderíamos hacia la izquierda hasta llegar al intersticio (2.5 izda, 0 dB), donde seguiríamos bajando (ya en línea recta) hasta el (2.5 izda, -1.25 dB), donde comenzaríamos un nuevo arco descendente ya hacia la derecha hasta el mínimo absoluto (0, -1.9 dB). La última parte de la figura viene dada por una tendencia continua ascendente, notable en su principio (0, 1.7 dB) y sobresaliente en su último arco hasta el punto o término del extremo derecho (2.5 dcha, 0.25 dB).

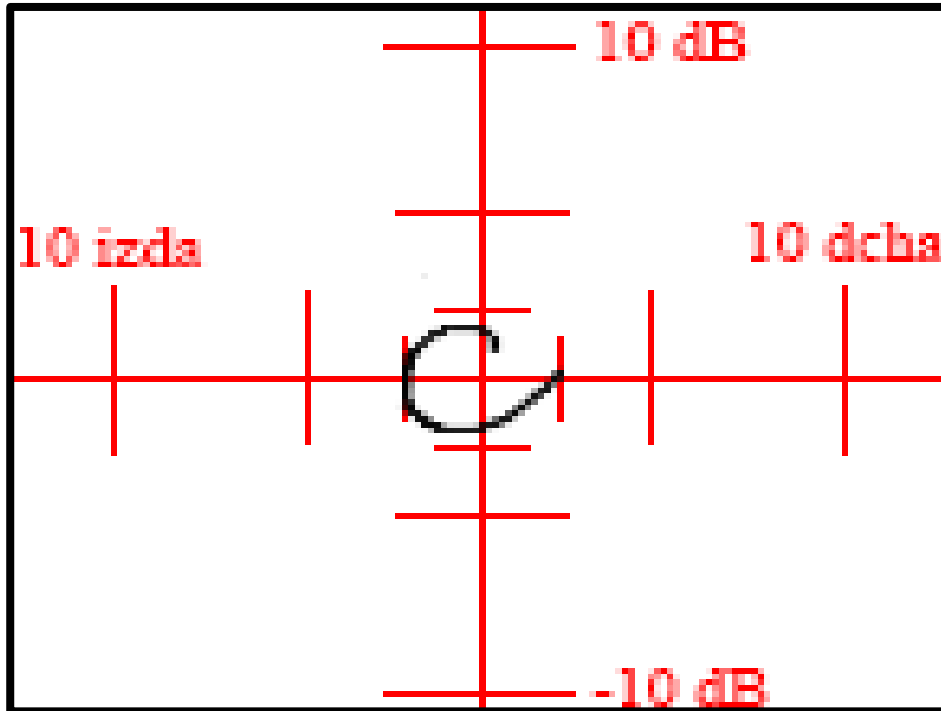


Figura 136. Letra c sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.3. “D, d”

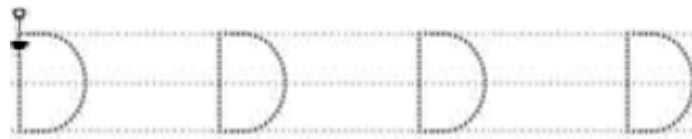


Figura 137. Desarrollo gráfico de la letra D. Fuente: Cuadernillos Rubio

La “D” se sonifica de la siguiente forma:

En primer lugar, el trazo perpendicular y paralelo al eje de ordenadas empieza en el origen (1.5 izda, 2.5 dB) y desciende en ganancia hasta el contrario (1.5 izda, -2.5 dB).

En segundo lugar, el elemento principal que da la esencia a la letra empezaría por el mismo punto que en el caso anterior y continuaría paralelo al eje de abcisas hasta el (0.25 dcha, 2.5 dB). Después, empezaría un arco descendente hasta el intersticio o bisectriz de ambos términos (2.1 dcha, 0 dB) hasta llegar al fin de la semicircunferencia descrita, en el (0.25 dcha, -2.5 dB) para terminar en el mismo punto que en el trazo que enunciábamos primero: el (1.5 izda, -2.5 dB).

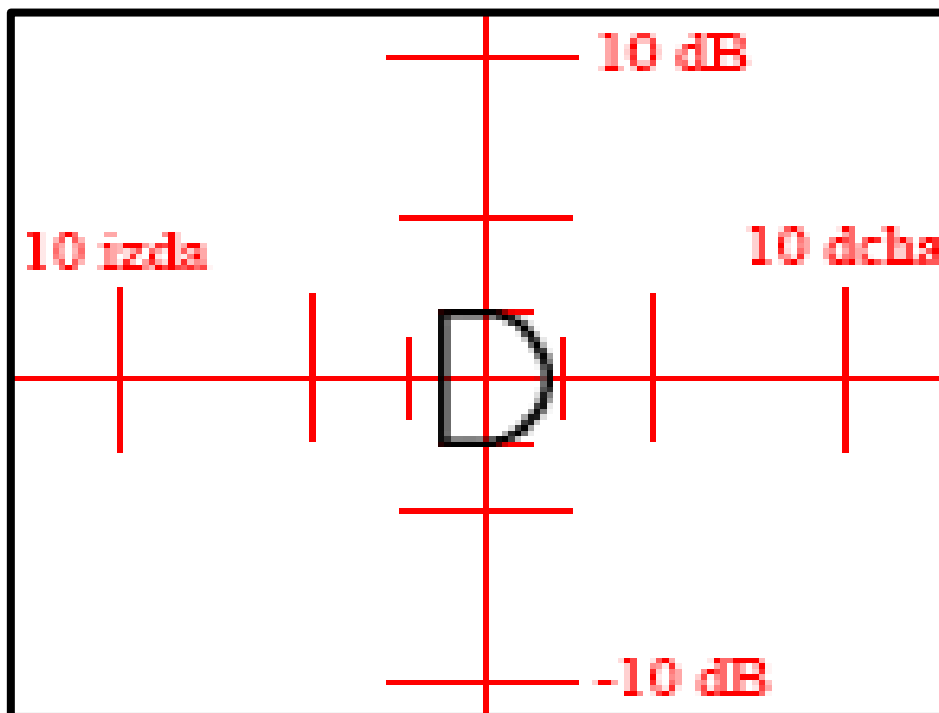


Figura 138. Letra D sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

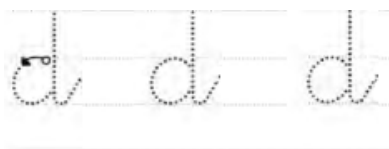


Figura 139. Desarrollo gráfico de la letra d. Fuente: Cuadernillos Rubio

Antes de empezar la sonificación de la letra “d”, es preciso comentar que el trazo vertical principal ha sido reducido por motivos de seguridad auditiva, ya que, cuanto más largo sea el mismo, en sonido, más ganancia o intensidad tiene la señal. No obstante; la reducción ha sido casi mínima para conservar la esencia de la figura gráfica. Dicho esto, comenzaremos:

Partiendo del punto (0.25 dcha, 0 dB) ascenderemos en forma de arco, pasando por el (0, 0.25 dB) y llegando al máximo relativo (0.25 izda, 0.5 dB) donde procederemos a descender siguiendo la misma dirección y forma hasta llegar al extremo izquierdo (2.5 izda, -1.25 dB). Después, continuaremos con el arco descendente pero en dirección a la derecha hasta el (1 izda, -2.5 dB) y ahí, comenzaremos la tendencia ascendente hasta el (1 dcha, -1.5 dB). Desde este punto, ascenderemos en ganancia hasta llegar al máximo absoluto (1 dcha, 2.5 dB). Volviendo sobre nuestros pasos, retomaremos el (1 dcha, -1.5 dB) y seguiremos descendiendo hasta el (1 dcha, -1.9 dB) donde empezaremos en forma de arco a descender hasta el (1.25 dcha, -2.5 dB). Desde este momento, el arco será ascendente hasta llegar al punto que marcará el término de la figura (2.5 dcha, -0.5 dB).

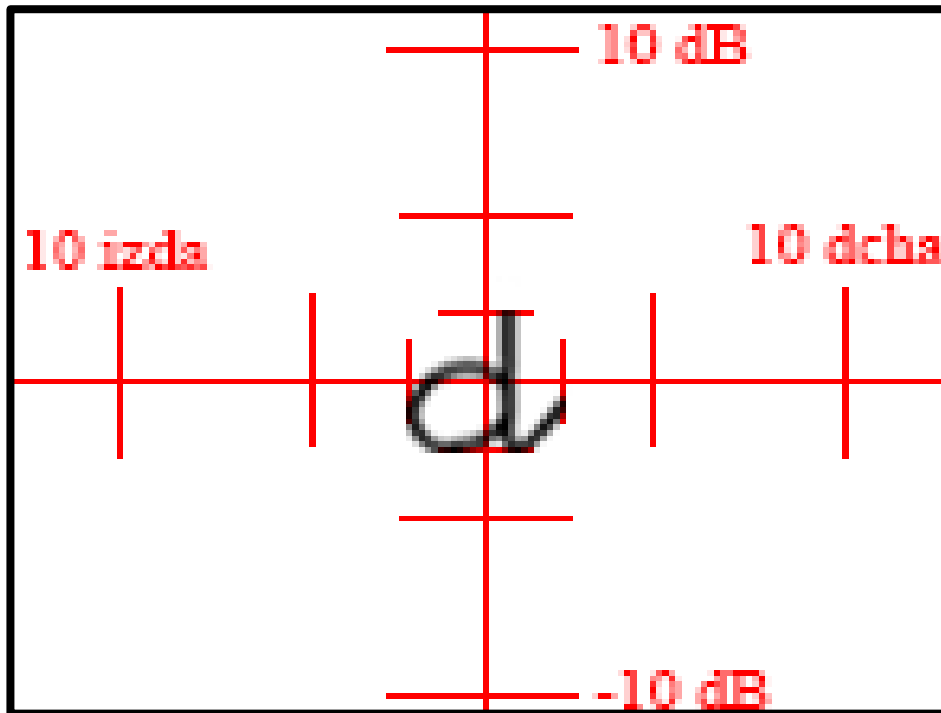


Figura 140. Letra d sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.4. “F, f”



Figura 141. Desarrollo gráfico de la letra F. Fuente: Cuadernillos Rubio

La “F” se sonifica en tres sencillos pasos:

Primer paso: el trazo vertical empezaría en el (1.5 izda, 2.5 dB) y descendería en ganancia hasta el (1.5 izda, -2.5 dB).

Segundo paso: el primer trazo horizontal con mayor ganancia partiría del (1.5 izda, 2.5 dB) y continuaría en ganancia, no en panoramización, hasta el (1.5 dcha, 2.5 dB).

Tercer paso: el segundo trazo horizontal, más corto que el anterior, empieza en el (1.5 izda, 0 dB) y continua en ganancia hasta el término (1.25 dcha, 0 dB).

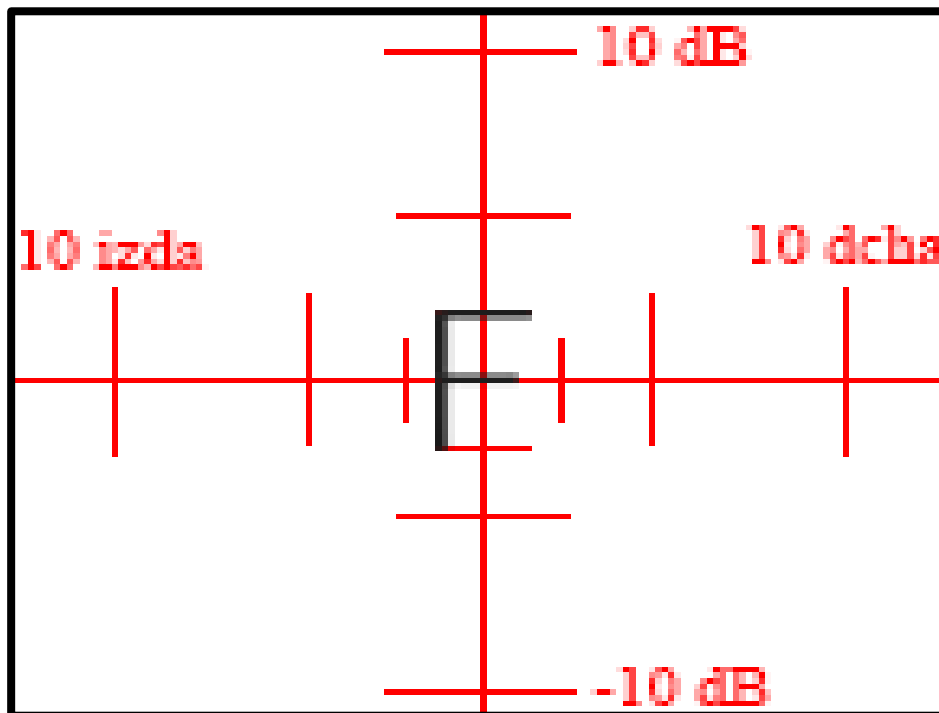


Figura 142. Letra F sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 143. Desarrollo gráfico de la letra f. Fuente: Cuadernillos Rubio

Como enunciábamos en los casos anteriores, las palabras minúsculas tienden a ser más complejas en cuanto a realización que su versión mayúscula.

Sonificar la letra “f” es como realizar un recorrido por una pista de ‘Fórmula1’, por sus numerosos tramos simétricos curvos.

Se empezaría la sonificación de la letra en el punto (0.5 izda, 0.5 dB) y ascenderíamos en curva hacia la derecha, pasando por el punto de corte con el eje de ordenadas (0, 1 dB) y continuaríamos hasta el (1.25 dcha, 2 dB), donde a partir de este punto, la dirección de la curva sería hacia el lado izquierdo, llegando al máximo absoluto en las coordenadas (0.5 dcha, 2.5 dB). Desde ahí descenderíamos hacia la izquierda hasta el (0.2 izda, 1.25 dB) cuando, entonces, volveríamos a cambiar la dirección hacia la derecha ligeramente y manteniéndonos hasta llegar al (0.2 dcha, -1.9 dB), donde se volvería a descender hacia la izquierda, llegando al mínimo absoluto (1.25 izda, -2.5 dB). La última parte de la letra partiría desde el mínimo absoluto, ascendiendo hacia la izquierda, describiendo una curva hasta llegar al punto máximo de la izquierda (1.5 izda, -1.9 dB); después, la parte final sería ascendente en curva con un punto de tangencia con el eje de ordenadas en el (0, -1.2 dB) y continuando el ascenso hasta el fin en el (2 dcha, 0.2 dB).

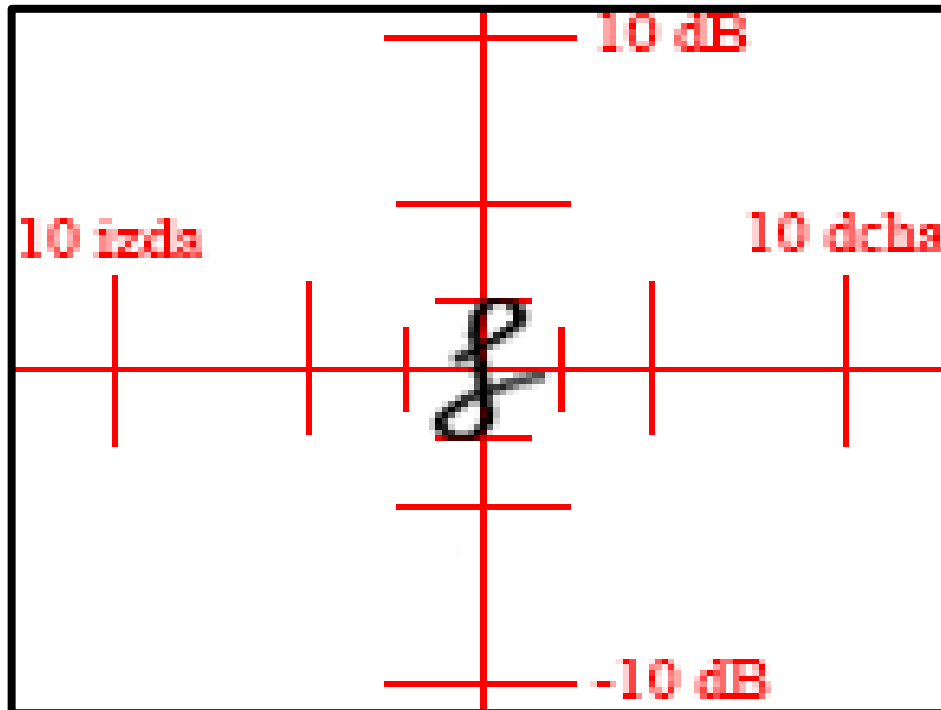


Figura 144. Letra f sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.5 “G, g”

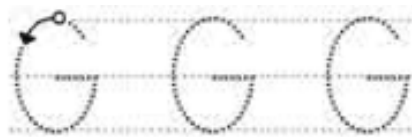


Figura 145. Desarrollo gráfico de la letra G. Fuente: Cuadernillos Rubio

La letra “G”, en forma de sonido, comprendería los siguientes trazos:

El primero y más largo comprendería el punto de partida (1.9 dcha, 1.9 dB) y continuaría ascendiendo a la izquierda hasta el (0, 2.5 dB) para luego descender en el mismo sentido, pasando por el término medio (2.2 izda, 0 dB) hasta el mínimo absoluto (situado más a la derecha) (0, -2.5 dB). Desde este punto ascenderíamos en sentido derecho y curvo hasta el (2.2 dcha, -0.2 dB). Finalmente, el segundo y último pero más importante, partiría del (2.2 dcha, -0.2 dB) y concluiría en el (0, -0.2 dB).

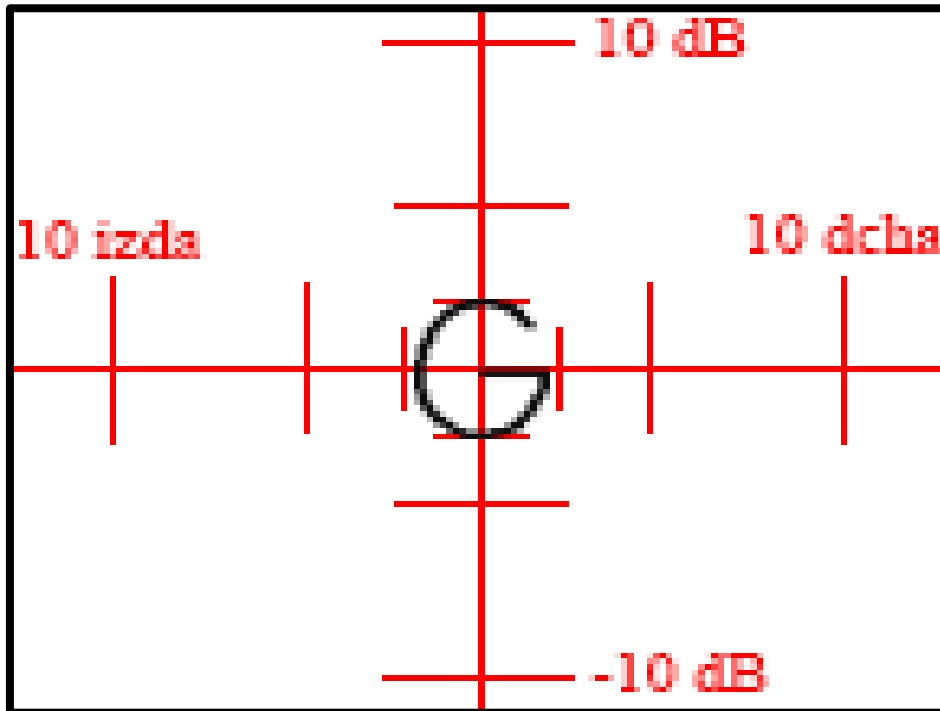


Figura 146. Letra G sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 147. Desarrollo gráfico de la letra g. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación de la letra “g” comenzaría con las coordenadas (1 dcha, 2.2 dB) y ascendería en curva hacia la izquierda hasta conseguir el máximo absoluto (0, 2.5 dB), donde empezaría a descender describiendo un arco hacia la izquierda hasta el intersticio (1.25 izda, 0.5 dB), donde seguiría descendiendo sólo que esta vez hacia la derecha, hasta pasar por el (0, 0 dB). Más adelante, seguiríamos descendiendo, continuando la tendencia hacia el área derecha hasta mantenernos a 0.5 dcha y descenderíamos apenas desplazándonos salvo en ganancia hasta el (0.5 dcha, -1.5 dB) donde descenderíamos en arco hacia la izquierda y pasando por el (0, -2.5 dB). Más adelante, ascenderíamos en arco hacia la izquierda hasta llegar al (0.25 izda, -2.2 dB) donde sólo seguiríamos la trayectoria positiva en ganancia hasta el (0.25 izda, -1 dB), ya que desde este punto hasta el final la curva ascendente afectaría no sólo a la ganancia, sino sobre todo a la panoramización, llegando hasta el punto (1.25 dcha, 1 dB).

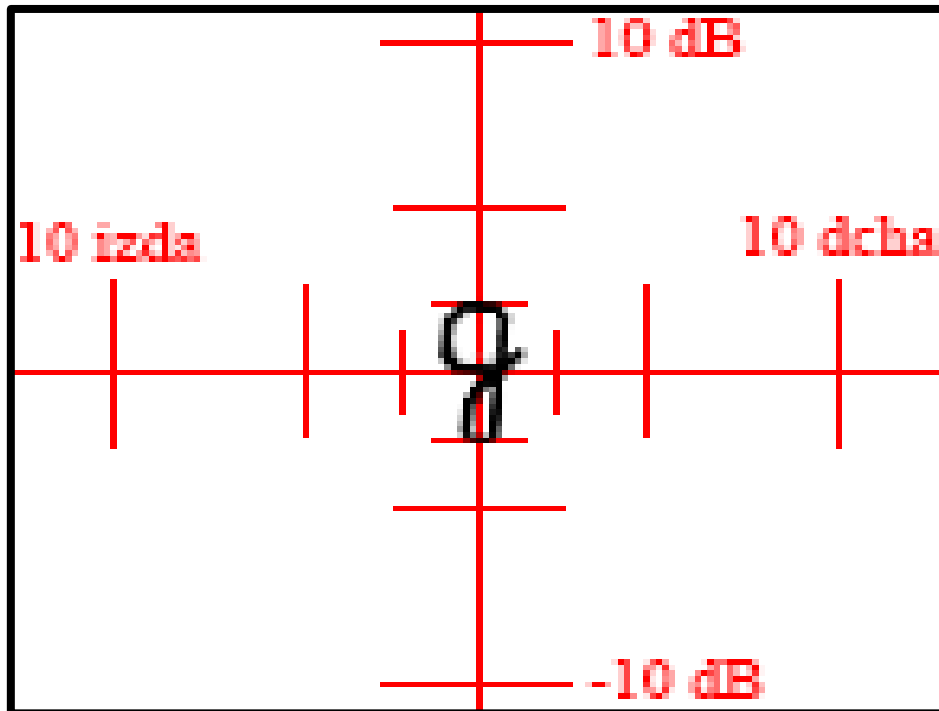


Figura 148. Letra g sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.6. “H, h”



Figura 149. Desarrollo gráfico de la letra H. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación de la letra “H” comienza con el principio y fin del primer trazo, luego del segundo y después del tercero.

Primer trazo: del (1.5 izda, 2.5 dB) hasta el (1.5 izda, -2.5 dB).

Segundo trazo: del (1.5 izda, 0 dB) al (1.5 dcha, 0 dB).

Tercer trazo: del (1.5 dcha, 0 dB) hasta el (1.5 dcha, -2.5 dB).

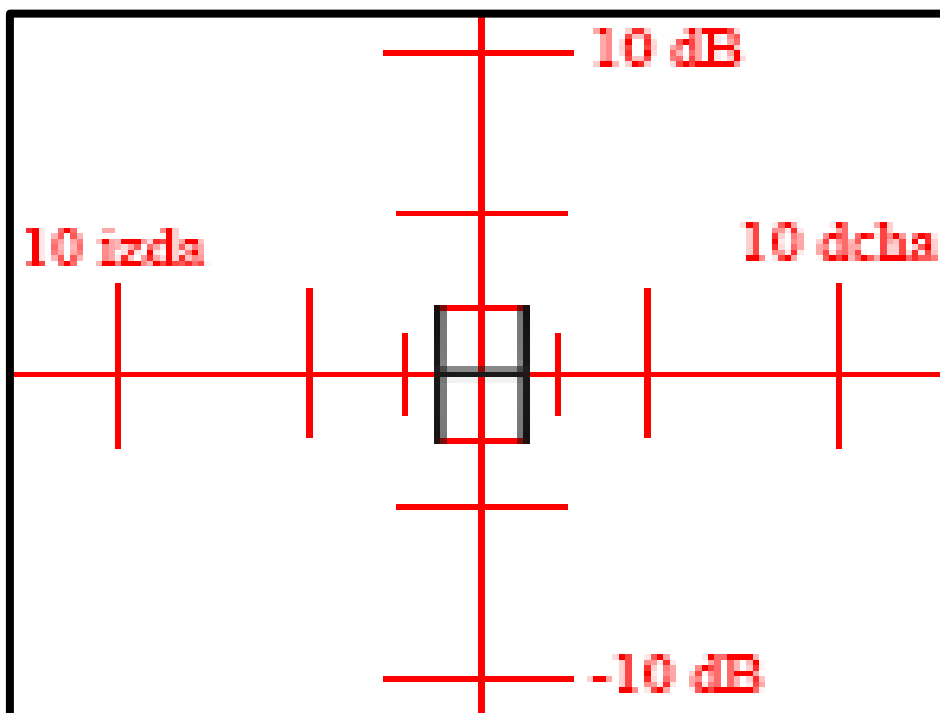


Figura 150. Letra H sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

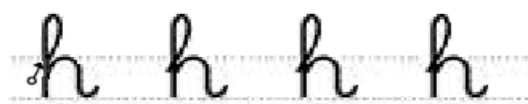


Figura 151. Desarrollo gráfico de la letra h. Fuente: Cuadernillos Rubio

Más compleja que su versión en mayúscula, la “h” se convierte a sonido de la siguiente forma:

Empezando desde el punto (1.5 izda, -1 dB) ascenderíamos hacia el lado derecho hasta el (0.2 izda, 1 dB), cuando continuaríamos en subida aunque sólo de ganancia, llegando al (0.2 izda, 2.2 dB). Después, aumentaría la ganancia y algo la panoramización hacia la izquierda hasta comprender el máximo absoluto (0.5 izda, 2.5 dB), desde donde ya descenderíamos aunque sólo en ganancia hasta uno de los mínimos absolutos (0.5 izda, -2.5 dB). Entonces, desde el mínimo absoluto volveríamos sobre nuestros pasos hasta llegar en ascenso al (0.5 izda, -0.5 dB). Desde este punto comenzaremos a tender al área derecha y en ascenso de forma curva hasta el (0, -0.2 dB) cuando permaneceremos con la misma ganancia y distinta panoramización llegando al (0.5 dcha, -0.2 dB) y descendiendo en ganancia hasta el (0.5 dcha, -2 dB). Finalmente, el último trazo comprenderá el descenso hasta el otro mínimo absoluto (1.5 dcha, -2.5 dB) para llegar en ascenso curvo hasta el (2.2 dcha, -1.9 dB).

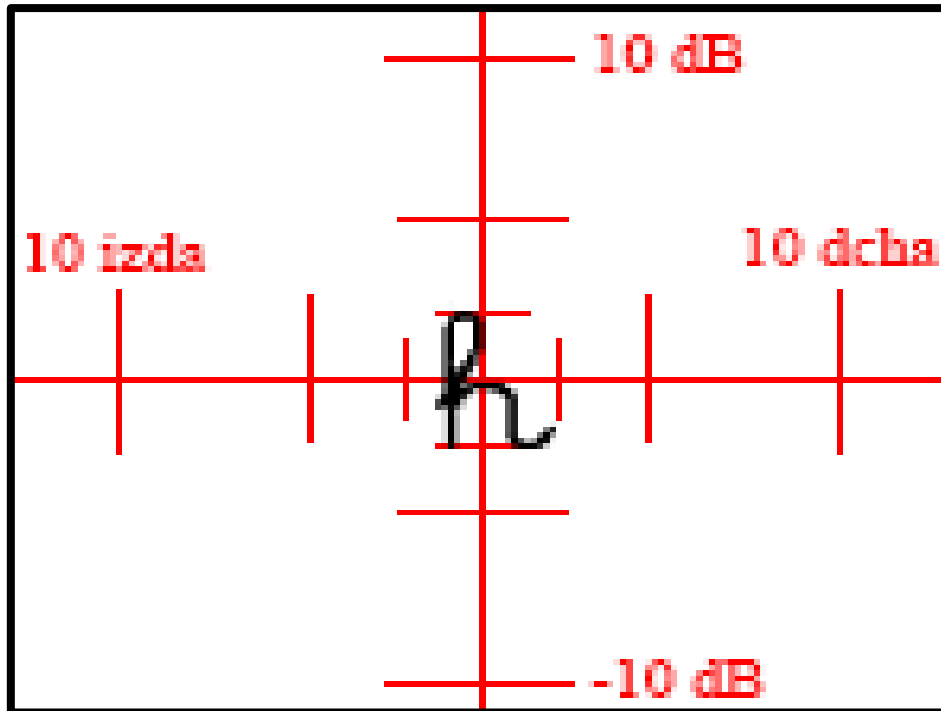


Figura 152. Letra h sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.7. “J, j”

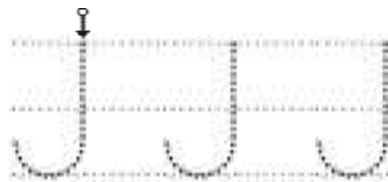


Figura 153. Desarrollo gráfico de la letra J. Fuente: Cuadernillos Rubio

Para sonificar la letra “J” se seguirán los siguientes pasos:

El primero: partiendo desde el origen (1.9 dcha, 2.5 dB) descenderemos en ganancia hasta el punto (1.9 dcha, -1.9 dB) para entonces no sólo atenuar ganancia, sino, además, desplazarnos hacia el área izquierdo, pasando por el punto o mínimo absoluto (0, -2.5 dB).

El segundo: desde el punto (0, -2.5 dB) procederemos a ascender en curva hacia el área izquierda donde completaremos la figura de la letra “J” en el término o coordenadas: (1.5 izda, -1.25 dB).

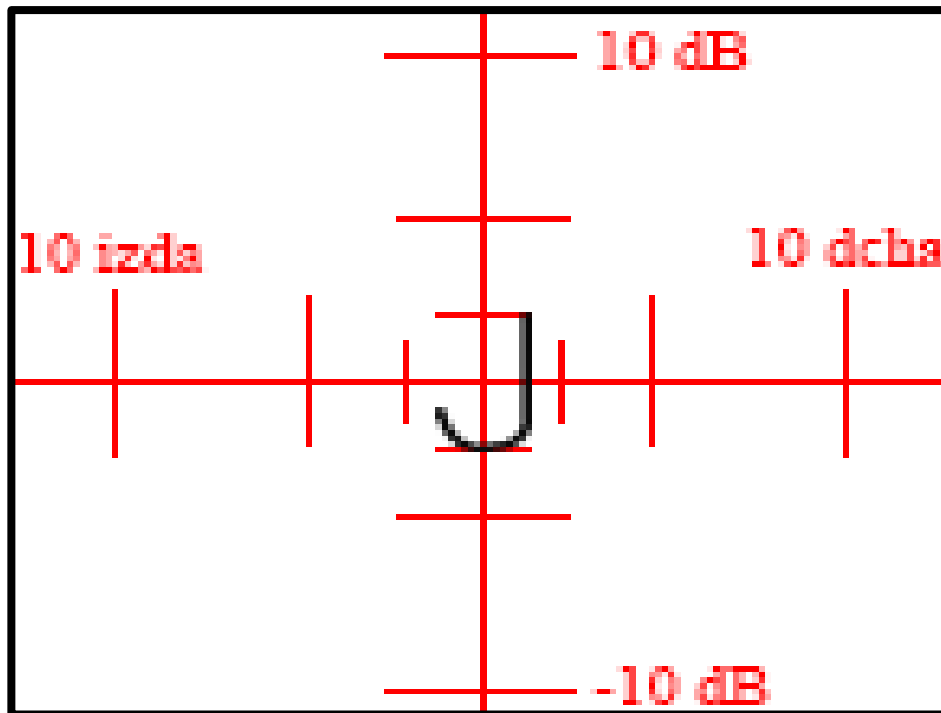


Figura 154. Letra J sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 155. Desarrollo gráfico de la letra j. Fuente: Cuadernillos Rubio

Como en anteriores ocasiones, el trazo en la versión minúscula de la letra “j” resulta más laboriosa y compleja de entamar, por ello, comprenderá más pasos:

Primera parte: del (1.25 izda, 1.25 dB) ascenderemos hasta el máximo absoluto (sin contar el punto de la letra) (0, 2 dB) para entonces descender en línea recta (disminuyendo sólo la ganancia) hasta el (0, -2 dB) donde ya procederemos a dar paso a la segunda parte.

Segunda parte: a partir del punto anterior, descendiendo hasta el mínimo absoluto (0.5 izda, -2.5 dB) para después ascender siguiendo con la misma dinámica en cuanto a panoramización hasta llegar al punto más alejado de la izquierda (1.9 izda, -1.9 dB). En este momento la ascensión será orientada hacia la derecha hasta llegar al punto de corte con el eje de ordenadas (0, -0.25 dB). Aquí dará comienzo la tercera y última parte.

Tercera parte: desde el (0, -0.25 dB) terminaremos el trazo en ascendencia parcialmente curva continuando con la tendencia en cuanto a la dirección, hasta completar el mismo en la coordenada (2.5 dcha, 1.5 dB), donde finalizará la figura.

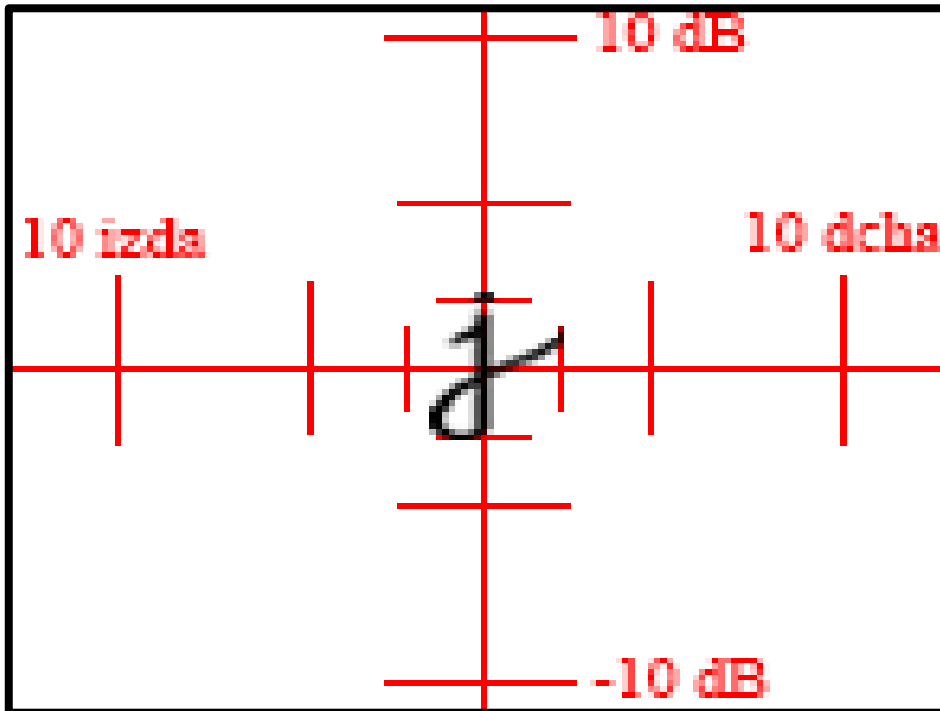


Figura 156. Letra j sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.8. “K, k”

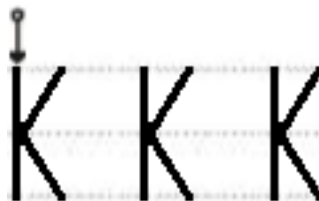


Figura 157. Desarrollo gráfico de la letra K. Fuente: Cuadernillos Rubio

La “K” en sonido también está compuesta por tres fases o partes para su configuración:

Primera parte: un trazo vertical que estará comprendido por los puntos (1.9 izda, 2.5 dB), siendo éste uno de sus máximos absolutos y por el contrario, el (1.9 izda, -2.5 dB) o uno de los mínimos absolutos.

Segunda: un trazo ascendente y diagonal que parte desde el único punto de tangencia con el eje principal (1.9 izda, 0 dB) hasta el otro máximo absoluto, el (1.9 dcha, 2.5 dB).

Tercera: un trazo descendente y diagonal que empieza en el único punto de tangencia (coincidiendo con el trazo anterior en su origen) y concluyendo en el otro mínimo absoluto, el (1.9 dcha, -2.5 dB).

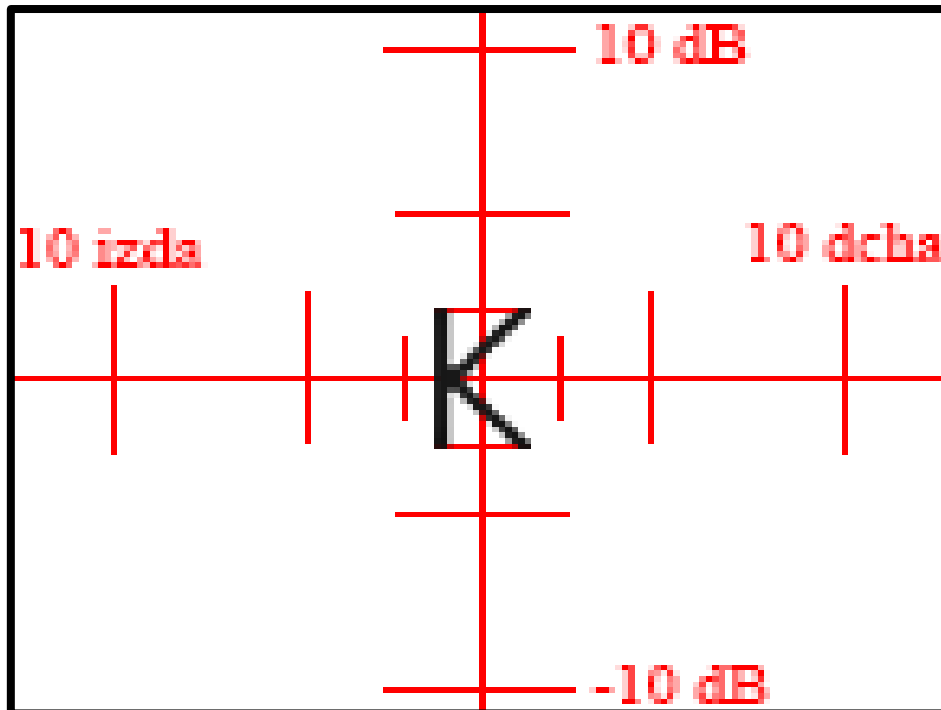


Figura 158. Letra K sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 159. Desarrollo gráfico de la letra k. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación de la letra “k” se realiza en los siguientes trazos:

Trazo 0: desde el (1.5 izda, -1.5 dB) en ascenso semirrecto hasta el (1 izda, -0.5 dB).

A partir de esta parte, la sucesión de trazos es muy similar a su homónimo en mayúsculas:

Trazo primero: desde el máximo absoluto (1.5 izda, 2.5 dB) en descenso vertical hasta el mínimo absoluto (1.5 izda, -2.5 dB).

Trazo segundo: trazo diagonal más corto que en la otra versión que comienza en el (1.5 izda, 0 dB) y termina en el máximo relativo (0.25 dcha, 1.5 dB).

Trazo tercero: trazo diagonal que empieza en (1.5 izda, -0.5 dB) y finaliza su recorrido en el mínimo absoluto (1.25 dcha, -2.5 dB).

Trazo cuarto: éste también difiere de la versión en mayúsculas. Empezaría en el (1.25 dcha, -2.5 dB) y concluiría en el (1.5 dcha, -1.9 dB).

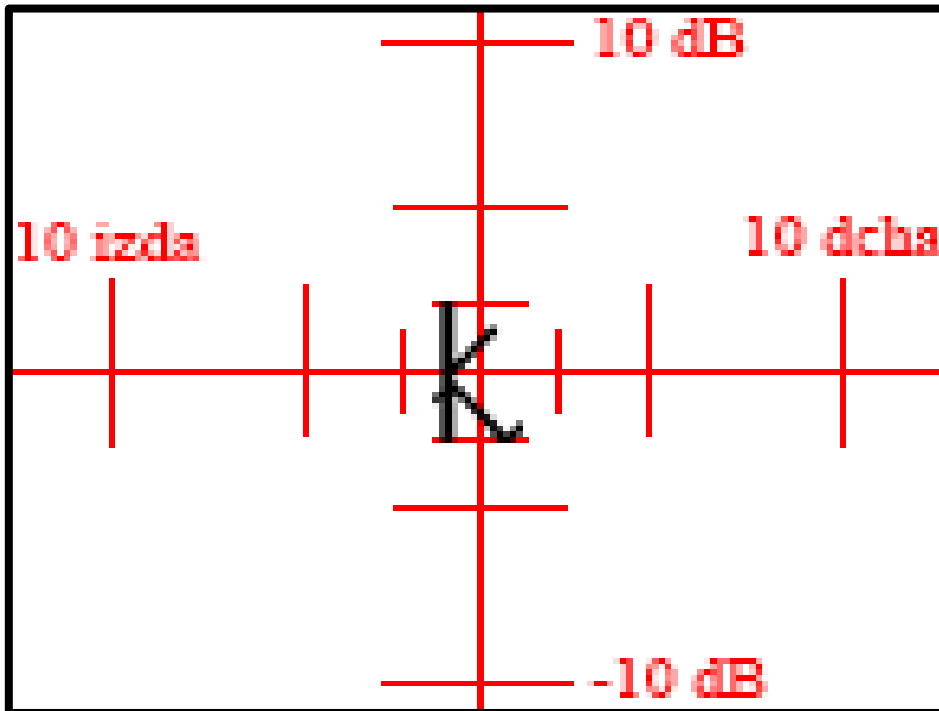


Figura 160. Letra k sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.9. “L, l”



Figura 161. Desarrollo gráfico de la letra L. Fuente: Cuadernillos Rubio

Sonificar la letra “L” es de los procesos más sencillos que existen, al igual que cuando se realiza su escritura manual sobre un soporte gráfico.

La letra “L” se compone de dos sencillos trazos perpendiculares:

Primer trazo: de corte vertical, empieza en el máximo absoluto (1.5 izda, 2.5 dB) y concluye en el mínimo absoluto (1.5 izda, -2.5 dB).

Segundo trazo: de corte horizontal, desde el mínimo absoluto del anterior trazo (1.5 izda, -2.5 dB) hasta su prolongación con el término en el (1.5 dcha, -2.5 dB).

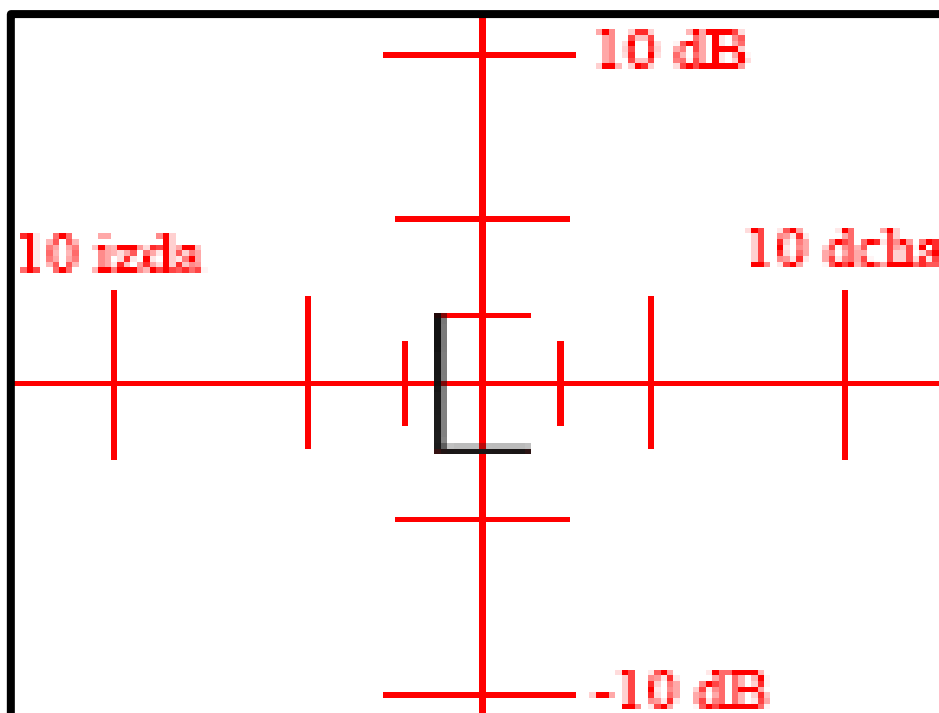


Figura 162. Letra L sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 163. Desarrollo gráfico de la letra l. Fuente: Cuadernillos Rubio

Como figura en apartados anteriores, la versión minúscula comprende mayor número de trazos:

Primer trazo: empezando por la coordenada (1.5 izda, -1.25 dB) se asciende con importante presencia en panoramización del lado derecho, de tal forma que se llegue hasta el (0.25 dcha, 2 dB) habiendo pasado antes por el punto de tangencia con el eje de abscisas (0.5 izda, 0 dB). Terminaríamos en el máximo absoluto (0, 2.5 dB).

Segundo trazo: desde el máximo absoluto descendemos con tendencia hacia el área izquierda hasta llegar al (0.5 izda, 1.9 dB), ya que después resultaría una decadencia en sólo ganancia hasta el (0.5 izda, -2.2 dB).

Tercer y último trazo: desde el punto anterior seguimos descendiendo, ya también en panoramización hasta el mínimo absoluto (0.5 dcha, -2.5 dB) para entonces cambiar la tendencia hacia una ganancia más positiva (punto de inflexión) hasta llegar al (1.5 dcha, -1.5 dB), para así terminar.

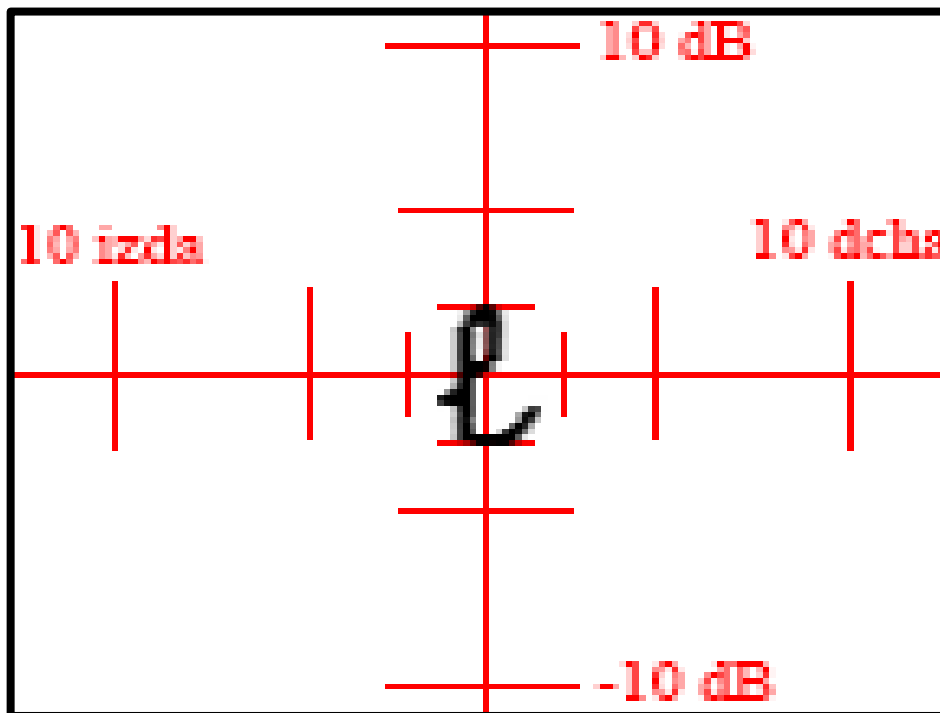


Figura 164. Letra l sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.10. “M, m”



Figura 165. Desarrollo gráfico de la letra M. Fuente: Cuadernillos Rubio

Compuesto por dos trazos perpendiculares y otros dos diagonales (2x2), la sonificación de la letra “M” es la siguiente:

Primer trazo (perpendicular): partiendo de uno de los dos máximos absolutos (2 izda, 2.5 dB), disminuyendo la ganancia hasta llegar a uno de los mínimos absolutos (2 izda, -2.5 dB).

Segundo trazo (diagonal): desde el máximo absoluto de la izquierda, desplazándonos de forma descendente, pasando por el punto de corte con el eje de abscisas (0.5 izda, 0 dB) y continuando hasta llegar al otro mínimo absoluto (el central), (0, -2.5 dB).

Tercer trazo (diagonal): desde el mínimo absoluto central, ascendiendo, pasando por el punto de corte con el de abscisas (0.5 dcha, 0 dB) y llegando al otro máximo absoluto (el de la derecha), (2 dcha, 2.5 dB).

Cuarto trazo (perpendicular): partiendo del último máximo absoluto (2 dcha, 2.5 dB) atenuaríamos la ganancia hasta el punto o último mínimo absoluto (2 dcha, -2.5 dB), donde finalizaríamos la figura.

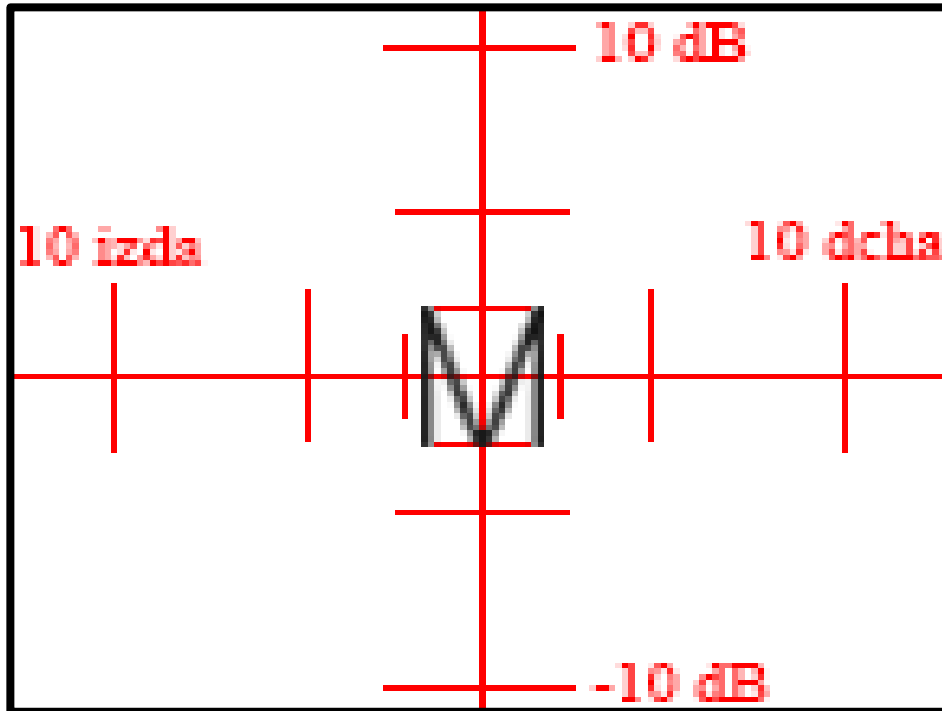


Figura 166. Letra M sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 167. Desarrollo gráfico de la letra m. Fuente: Cuadernillos Rubio

El proceso de sonificación de la letra “m” es el siguiente:

Partiendo del máximo relativo (3.25 izda, 0,25 dB) ascenderemos en curva desplazándonos hacia la derecha hasta alcanzar uno de los máximos absolutos (2.5 izda, 2 dB) para luego descender, primero en forma de curva hacia la derecha hasta el (2 izda, 1 dB), donde conitnuaremos descendiendo, pero sólo en ganancia y hasta el mínimo absoluto (2 izda, -2 dB).

A continuación, partiendo del primer mínimo absoluto (el más situado a la izquierda), procedemos a volver tras nuestros pasos adquiriendo ganancia hasta volver al mismo punto anterior (2 izda, 1 dB), para desde ahí, continuar el ascenso pero esta vez hacia la derecha y así llegar hasta el siguiente máximo absoluto (el central), (0.5 izda, 2 dB). Después descenderíamos trazando una curva hasta el (0, 1 dB), desde allí, repetimos el mismo proceso que hicimos en el apartado anterior, descendemos en ganancia hasta obtener el mínimo absoluto central (0, -2 dB).

Después volvemos a subir en ganancia hasta el (0, 1 dB) y más adelante continuamos el ascenso en forma de curva, desplazándonos aún más a la derecha, hasta llegar al último máximo absoluto, el más situado a la derecha (0.5 dcha, 2 dB). Entonces, descenderíamos en forma de arco aún más a la derecha, hasta llegar al (2 dcha, 1 dB). Más adelante,

descendemos en ganancia hasta llegar al (2 dcha, -1.9 dB) para descender en arco y llegar así al último mínimo absoluto (2.2 dcha, -2 dB).

Finalmente, la última parte de la figura corresponde al trazo que inicia su recorrido desde el (2.2 dcha, -2 dB) en ascenso y forma de curva hasta mantenerse perpendicular y finalizar el mismo en el máximo relativo (3.25 dcha, 0.2 dB).

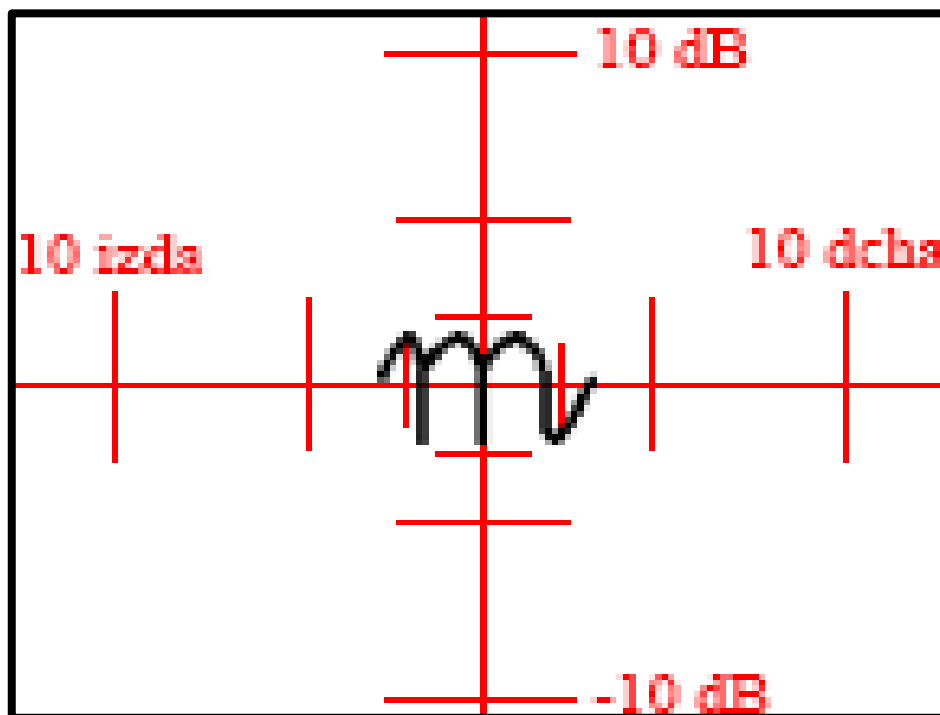


Figura 168. Letra m sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.11. “N, n”



Figura 169. Desarrollo gráfico de la letra N. Fuente: Cuadernillos Rubio

Para sonificar la letra “N” procederemos en tres trazos:

Primer trazo (perpendicular): el primer trazo comprende los puntos (1.5 izda, 2.5 dB) o máximo absoluto y el mínimo absoluto (1.5 izda, -2.5 dB).

Segundo trazo (diagonal): éste comprende el máximo absoluto de la izquierda (1.5 izda, 2.5 dB) y el mínimo absoluto de la derecha (1.5 dcha, -2.5 dB).

Tercer trazo (perpendicular): desde el mínimo absoluto de la derecha (1.5 dcha, -2.5 dB) hasta el máximo absoluto del mismo lugar (1.5 izda, 2.5 dB).

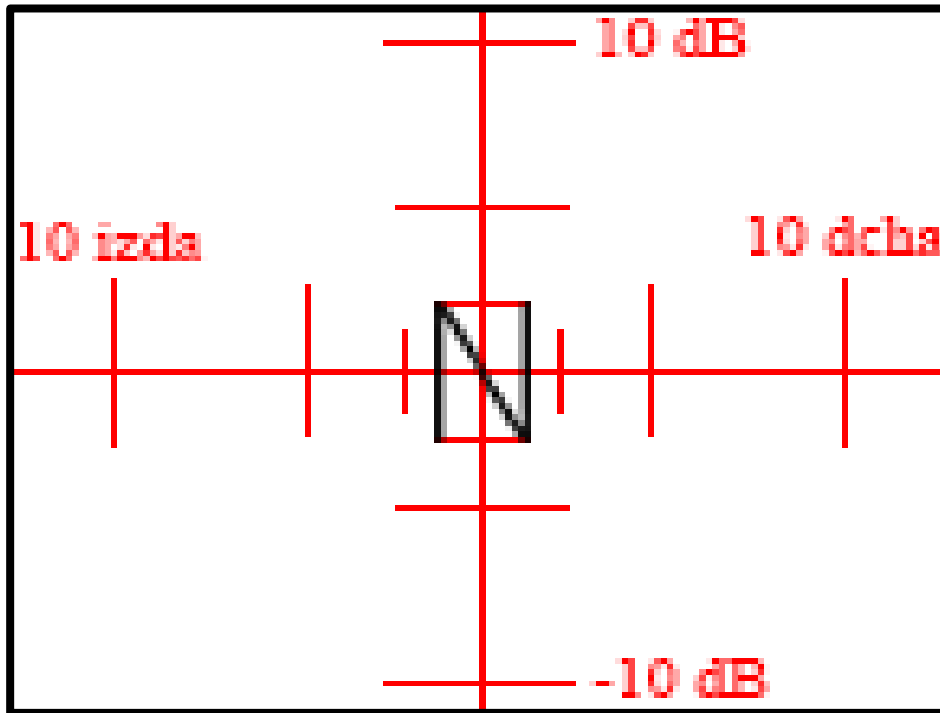


Figura 170. Letra N sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

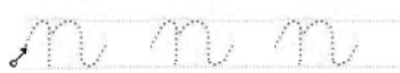


Figura 171. Desarrollo gráfico de la letra n. Fuente: Cuadernillos Rubio

La versión minúscula se compone de más trazos sonoros que en su versión anterior, en concreto, de cuatro:

Primer trazo: del (2.7 izda, -0.5 dB) en ascendencia derecha hasta el primer máximo absoluto (1.5 izda, 1.5 dB).

Segundo trazo: desde el punto anterior, bajando en arco, continuando con la tendencia hacia la derecha hasta conseguir el (0.5 izda, 0.25 dB) donde continuaremos con la atenuación en la ganancia hasta el primer mínimo absoluto que es el (0.5 izda, -2.5 dB). Después volveremos sobre nuestros pasos hasta el (0.5 izda, 0.25 dB), pero esta vez, con tendencia en panoramización hacia la derecha hasta alcanza el otro máximo absoluto o (0.25 dcha, 1.5 dB).

Tercer trazo: tras el máximo absoluto de la derecha, bajaremos en arco siguiendo con esta tendencia hasta llegar al (0.5 dcha, 0.25 dB) donde ya sólo atenuaremos la ganancia hasta el (0.5 dcha, -2 dB). Desde allí llegaremos al otro mínimo absoluto en trazo curvo hacia la derecha (2 dcha, -2.5 dB).

Cuarto trazo: desde el mínimo absoluto (2 dcha, -2.5 dB) ascendemos en semiarco a la derecha hasta llegar al máximo relativo (2.7 dcha, -0.2 dB).

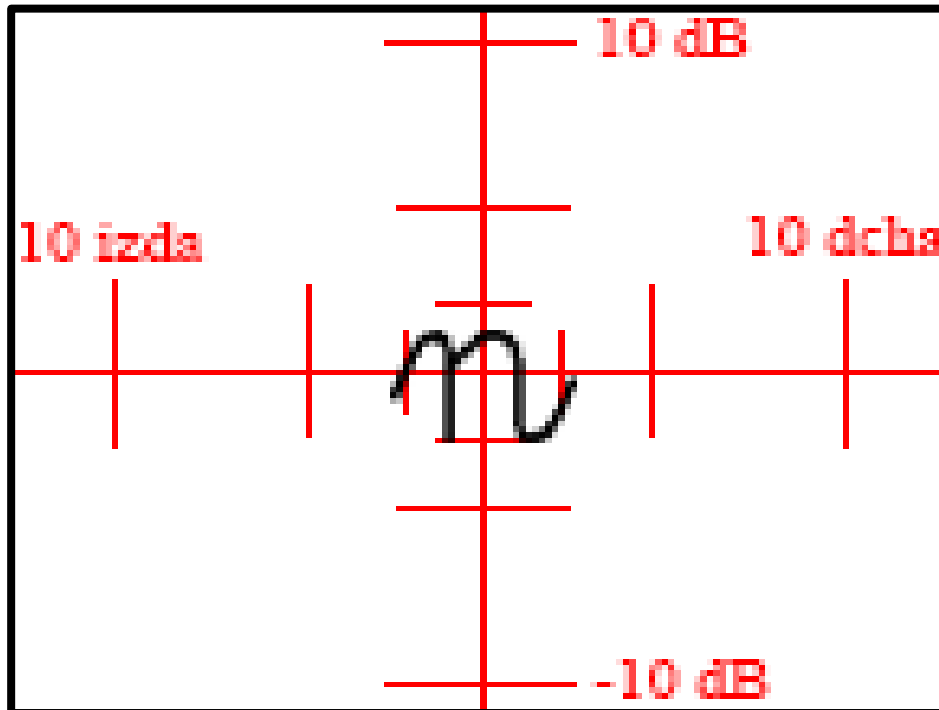


Figura 172. Letra n sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.12. “Ñ, ñ”



Figura 173. Desarrollo gráfico de la letra Ñ. Fuente: Cuadernillos Rubio

Para sonificar la letra “Ñ” procederemos en cuatro trazos:

Primer trazo (perpendicular): el primer trazo comprende los puntos (1.5 izda, 2.5 dB) o máximo relativo y el mínimo absoluto (1.5 izda, -2.5 dB).

Segundo trazo (diagonal): éste comprende el máximo relativo de la izquierda (1.5 izda, 2.5 dB) y el mínimo absoluto de la derecha (1.5 dcha, -2.5 dB).

Tercer trazo (perpendicular): desde el mínimo absoluto de la derecha (1.5 dcha, -2.5 dB) hasta el máximo relativo de la derecha (1.5 izda, 2.5 dB).

Cuarto trazo: la conocida como “*vigulilla*” o acento sobre la letra “N” que caracteriza a la consonante que constituye la esencia del español empezaría en el mínimo relativo (0.5 izda, 2.7 dB) en ascenso curvo hasta el máximo absoluto (0, 2.8 dB). Después, en curva descendente hasta el mínimo relativo (0.25 dcha, 2.7 dB) para después ascender hasta el otro máximo absoluto de este último trazo que supone el fin del mismo: (0.5 dcha, 2.8 dB).

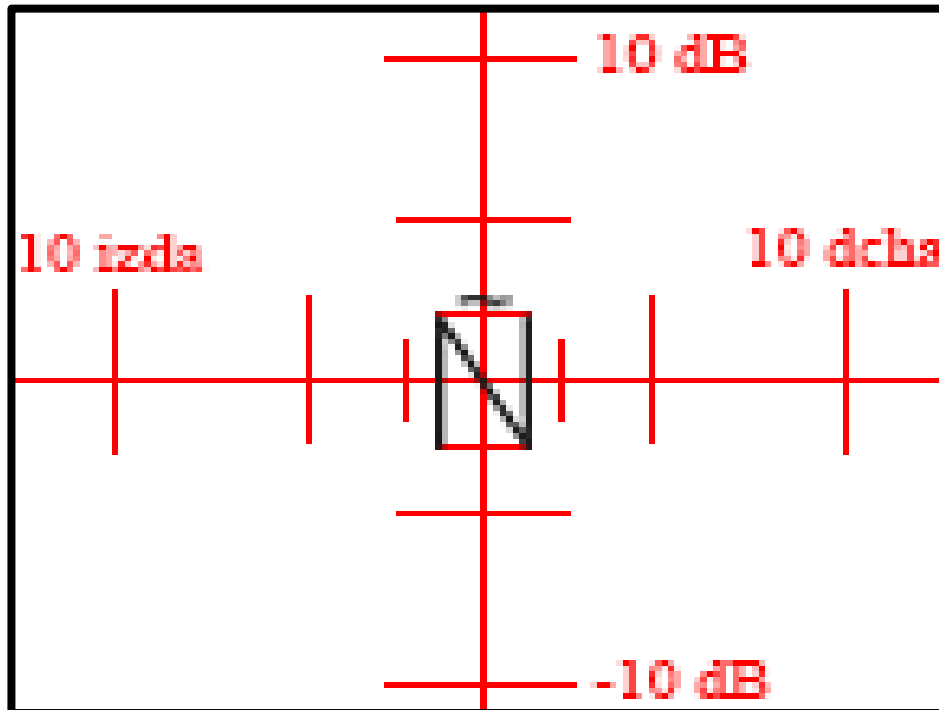


Figura 174. Letra Ñ sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 175. Desarrollo gráfico de la letra ñ. Fuente: Cuadernillos Rubio

La letra “ñ” tiene en su versión en minúscula los mismos trazos que la “n”, más uno, que supone el de la “vigulilla”.

Primer trazo: del (2.7 izda, -0.5 dB) en ascendencia derecha hasta el primer máximo absoluto (1.5 izda, 1.5 dB).

Segundo trazo: desde el punto anterior, bajando en arco, continuando con la tendencia hacia la derecha hasta conseguir el (0.5 izda, 0.25 dB) donde continuaremos con la atenuación en la ganancia hasta el primer mínimo absoluto que es el (0.5 izda, -2.5 dB). Después volveremos sobre nuestros pasos hasta el (0.5 izda, 0.25 dB), pero esta vez con tendencia en panoramización hacia la derecha hasta alcanzar el otro máximo absoluto o (0.25 dcha, 1.5 dB).

Tercer trazo: tras el máximo absoluto de la derecha bajaremos en arco siguiendo con esta tendencia hasta llegar al (0.5 dcha, 0.25 dB), donde ya sólo atenuaremos la ganancia hasta el (0.5 dcha, -2 dB). Desde allí llegaremos al otro mínimo absoluto en trazo curvo hacia la derecha (2 dcha, -2.5 dB).

Cuarto trazo: desde el mínimo absoluto (2 dcha, -2.5 dB) ascendemos en semiarco a la derecha hasta llegar al máximo relativo (2.7 dcha, -0.2 dB).

Quinto trazo: la conocida como “vigulilla” o acento sobre la letra “n” que caracteriza a la consonante que constituye la esencia del español empezaría en el mínimo relativo (0.5 izda, 2.4 dB) en ascenso curvo hasta el máximo absoluto (0, 2.6 dB). Después, en curva descendente hasta el mínimo relativo (0.25 dcha, 2.7 dB) para después ascender hasta el otro máximo absoluto de este ultimo trazo que supone el fin del mismo: (1.25 dcha, 2.8 dB).

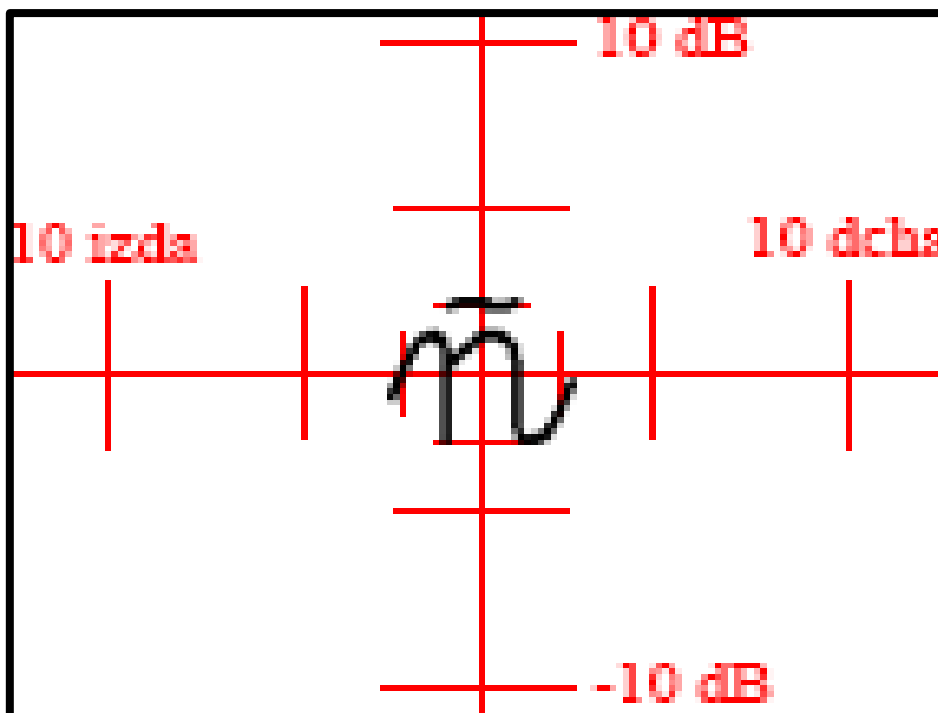


Figura 176. Letra ñ sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.13. “P, p”

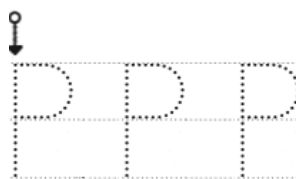


Figura 177. Desarrollo gráfico de la letra P. Fuente: Cuadernillos Rubio

Compuesto por dos trazos, la sonificación de la letra “P” es relativamente sencilla:

Primer trazo: compuesto por una recta longitudinal que está comprendida entre el máximo absoluto (1.9 izda, 2.5 dB) y el mínimo absoluto (1.9 izda, -2.5 dB).

Segundo trazo: empezando por el máximo absoluto y desplazándonos sólo en panoramización hacia la derecha continuaremos hasta el (0.25 dcha, 2.5 dB) donde empezaremos la semicircunferencia al desplazarnos de manera negativa conservando la misma dirección hasta llegar al intersticio (1.9 dcha, 1.5 dB), para después, desplazarnos hacia la izquierda y llegar al (0, 0 dB). Por último, efectuaremos un desplazamiento

horizontal que sólo afecte a la panoramización, hasta llegar al punto que supondrá el término de la figura, el (1.9 izda, 0 dB).

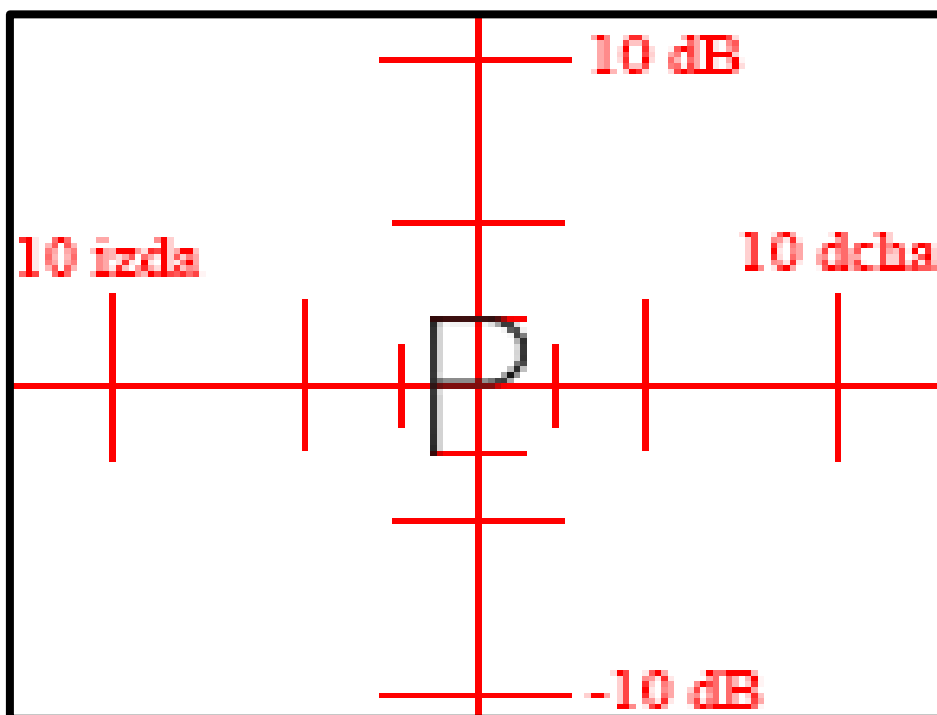


Figura 178. Letra P sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

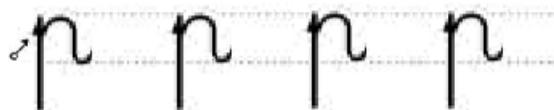


Figura 179. Desarrollo gráfico de la letra p. Fuente: Cuadernillos Rubio

Aparte de que gráficamente la letra “p” se parecía en tamaño a su versión mayúscula, gráficamente le hemos querido dar una distinción con más cuerpo (trazos más rectos que en origen) para hacer la actual versión más distanciada con respecto a su homólogo anterior.

Para sonificar la letra “p” hay que realizar los siguientes trazos.

Primer trazo: el más corto, de hecho, empezaría en el máximo relativo (1.25 izda, 1.9 dB) desplazándose positivamente en ganancia y en dirección hacia la derecha hasta alcanzar el máximo absoluto (0.5 izda, 2.5 dB).

Segundo trazo: desde el máximo absoluto, en decadencia sólo de ganancia hasta el mínimo absoluto (0.5 izda, -2.5 dB). Después de esto volveríamos sobre nuestros pasos adquiriendo la ganancia que perdimos en ascenso hasta (0.5 izda, 1.9 dB), donde nos desplazaremos, además, hacia la derecha hasta conseguir el siguiente máximo absoluto (0.25 dcha, 2.5 dB).

Tercer trazo: desde el máximo absoluto de la derecha, empezamos a descender tímidamente en arco siguiendo con la misma tendencia en cuanto a panoramización (hacia la derecha) hasta llegar al (1.25 dcha, 2 dB) donde atenuaremos la ganancia hasta llegar al mínimo relativo (1.25 dcha, 0 dB). Una vez allí, ascenderemos ligeramente en arco hacia la derecha consiguiendo el último punto, término o máximo relativo de la derecha de la figura (2 dcha, 0.5 dB).

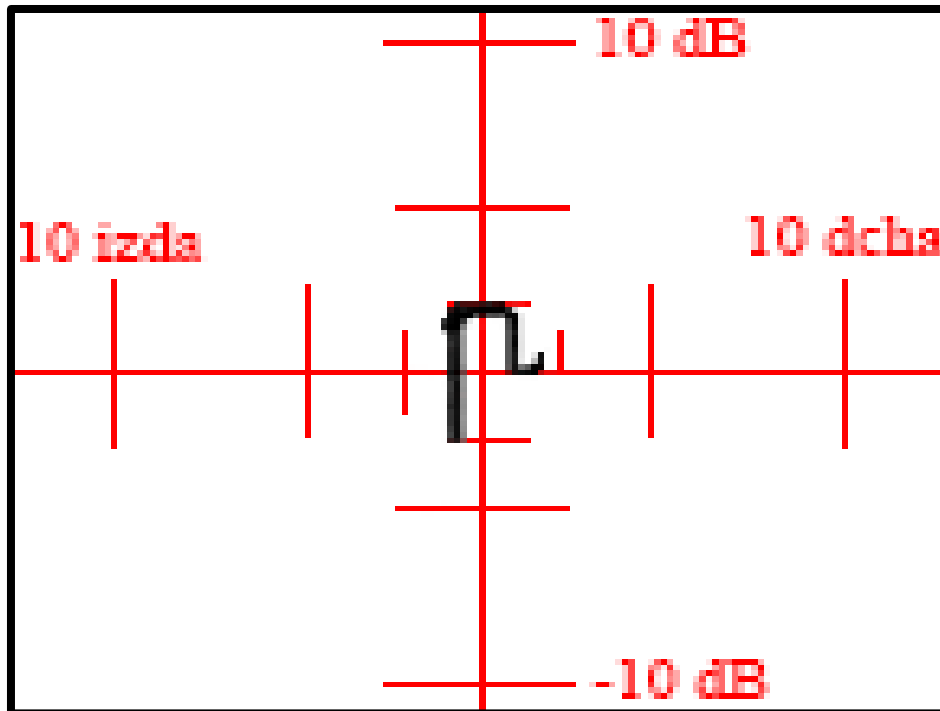


Figura 180. Letra p sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.14. “Q, q”



Figura 181. Desarrollo gráfico de la letra Q. Fuente: Cuadernillos Rubio

Al igual que cuando sonificábamos la vocal “O”, los primeros trazos que componen la circunferencia de la figura “Q” seguirán las mismas directrices.

La letra “Q” en sonido empezaría por el máximo absoluto que sería el (0, 2.5 dB) y decaería hasta su contrario, el (0, -2.5 dB), pasando antes por el intersticio izquierdo (1.9 izda, 0 dB). Volviendo al mínimo absoluto, el (0, -2.5), iremos de forma ascendente y en forma de medio arco pasando por el intersticio derecho (1.9 dcha, 0 dB) y llegando al punto del principio desde el que partimos, el máximo absoluto (0, 2.5 dB).

Por último, el trazo recto que recorre desde dentro hasta afuera de la circunferencia, o aquel que nos permite diferenciar la letra “O” de nuestra actual “Q” comenzaría en el máximo relativo o punto (0.5 dcha, -1.5 dB) hasta concluir en el (1.9 dcha, -2.5 dB).

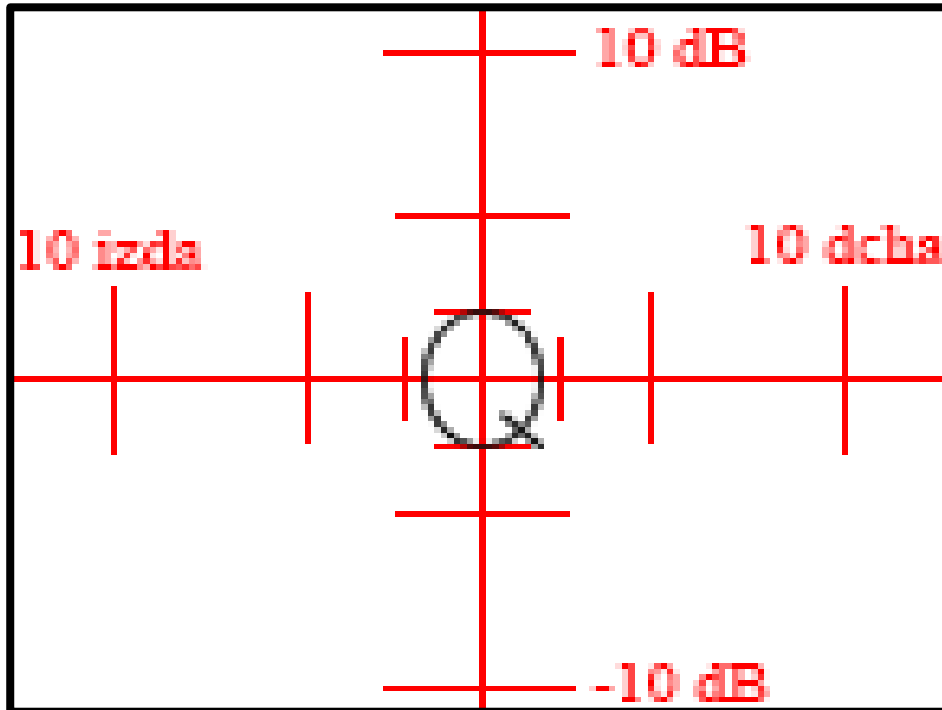


Figura 182. Letra Q sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 183. Desarrollo gráfico de la letra Q. Fuente: Cuadernillos Rubio

Para sonificar la letra “q”, realizaremos los siguientes trazos:

Primer trazo: partiendo del punto (0.25 dcha, 1.9 dB) ascenderemos hacia la izquierda pasando por el punto de corte con el eje de ordendas (0, 2.4 dB) y hasta el máximo absoluto (0.5 izda, 2.5 dB). Después descenderemos en forma de arco continuando hacia la izquierda, pasando por el intersticio (2 izda, 1 dB), para después seguir bajando, pero esta vez hacia la derecha hasta el mínimo relativo (0.2 izda, 0 dB). A continuación, ascenderemos hacia la derecha en arco hasta llegar al punto de origen desde el que empezamos (0.25 dcha, 1.9 dB).

Segundo trazo: desde el origen descendemos en constante panoramización hasta alcanzar el mínimo absoluto (0.25 dcha, -2.5 dB). Desde ahí volveremos sobre nuestros trazos hasta llegar al (0.25 dcha, 0 dB), desde donde ascenderemos en trazo semicurvo para así llegar al punto extremo derecho, término o máximo relativo (1.9 dcha, 1.5 dB).

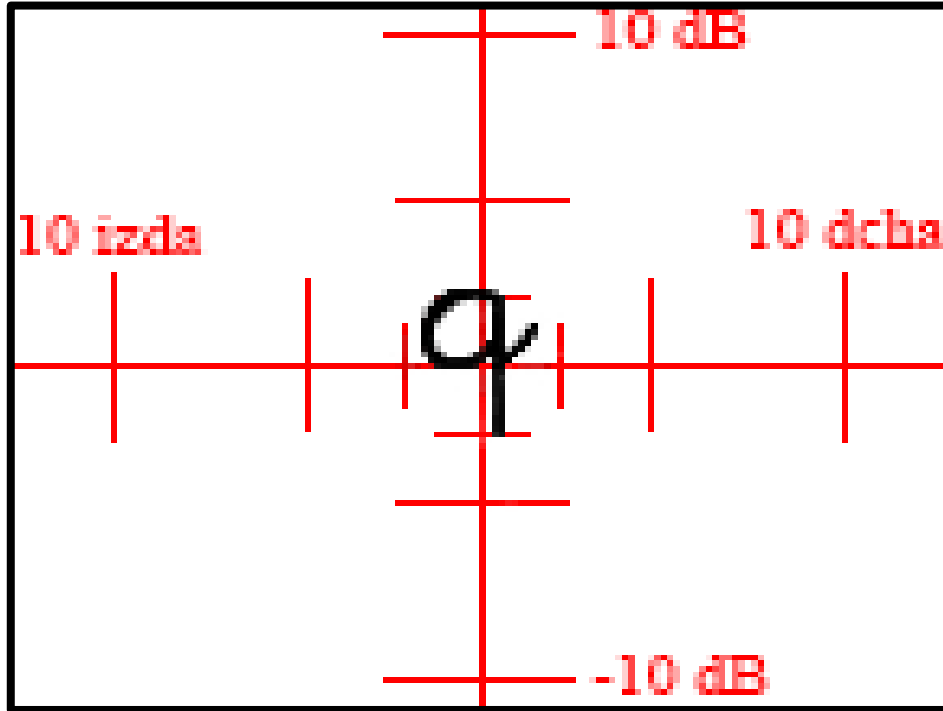


Figura 184. Letra q sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.15. “R, r”



Figura 185. Desarrollo gráfico de la letra R. Fuente: Cuadernillos Rubio

Para sonificar la letra “R”, comprenderemos los siguientes trazos.

Primer trazo (perpendicular): desde el máximo absoluto (1.9 izda, 2.5 dB) en descenso, conservando la misma panoramización, hasta llegar al mínimo absoluto (1.9 izda, -2.5 dB).

Segundo trazo: desde el máximo absoluto continuamos en ganancia hasta el (0.25 dcha, 2.5 dB) para comenzar una media circunferencia (como en el caso de la letra “B”, aunque sólo con una y no dos). Pasaríamos en descenso hacia la derecha hasta llegar al intersticio (1.5 dcha, 1.5 dB) donde seguiremos descendiendo, pero ya hacia la izquierda, de tal forma que lleguemos hasta el (0, 0.2 dB). Desde ahí todo recto en ganancia hasta llegar al punto de tangencia con el anterior trazo (1.9 izda, 0.2 dB).

Tercer trazo: partiendo del máximo relativo y punto de tangencia con respecto al anterior trazo, el (0.25 izda, 0.2 dB), descenderíamos en diagonal con desplazamiento hacia la derecha, llegando hasta el otro mínimo absoluto (1.5 dcha, -2.5 dB) donde concluiríamos la figura.

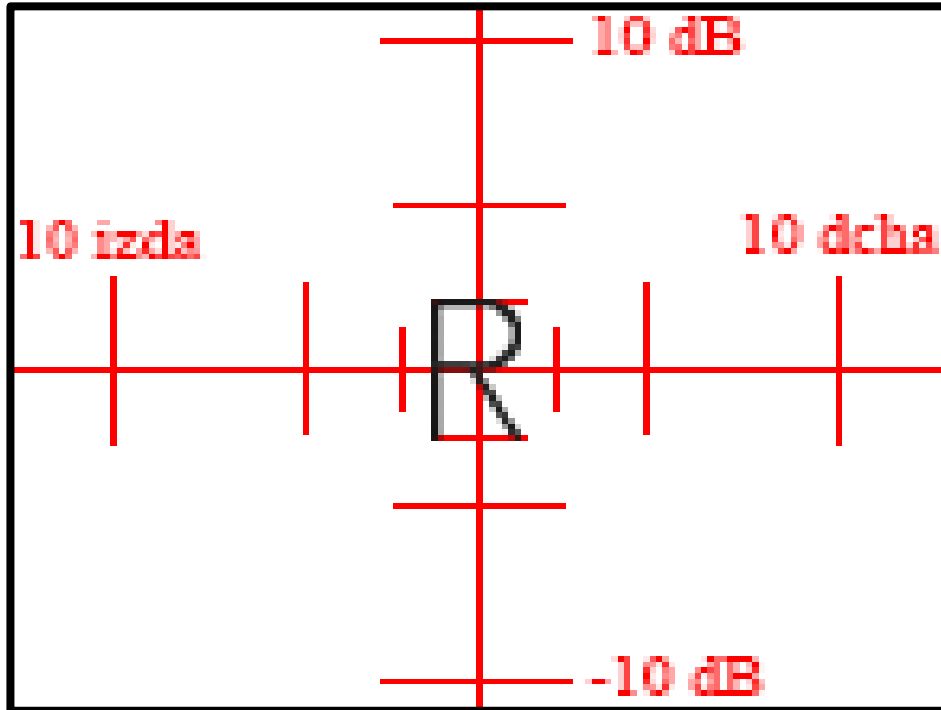


Figura 186. Letra R sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 187. Desarrollo gráfico de la letra r. Fuente: Cuadernillos Rubio

Sonificaremos la letra “r” de la siguiente manera:

Partiendo del (2.5 izda, 0.25 dB) en ascenso diagonal hacia la derecha hasta alcanzar el máximo absoluto (2 izda, 2.2 dB). Una vez allí volveremos sobre nuestros pasos brevemente hasta el (2 izda, 2 dB) para desplazarnos manteniendo la ganancia hacia la derecha y alcanzar el (0.2 izda, 2 dB), donde atenuaremos la ganancia y modificaremos la panoramización en dirección a la izquierda para, trazando una curva, llegar hasta el mínimo absoluto (1.5 dcha, -2.5 dB). Finalmente, el último elemento que completa la figura es una línea recta ascendente hacia la derecha que parte del punto anterior y concluye en el (2.5dcha, 0.2 dB).

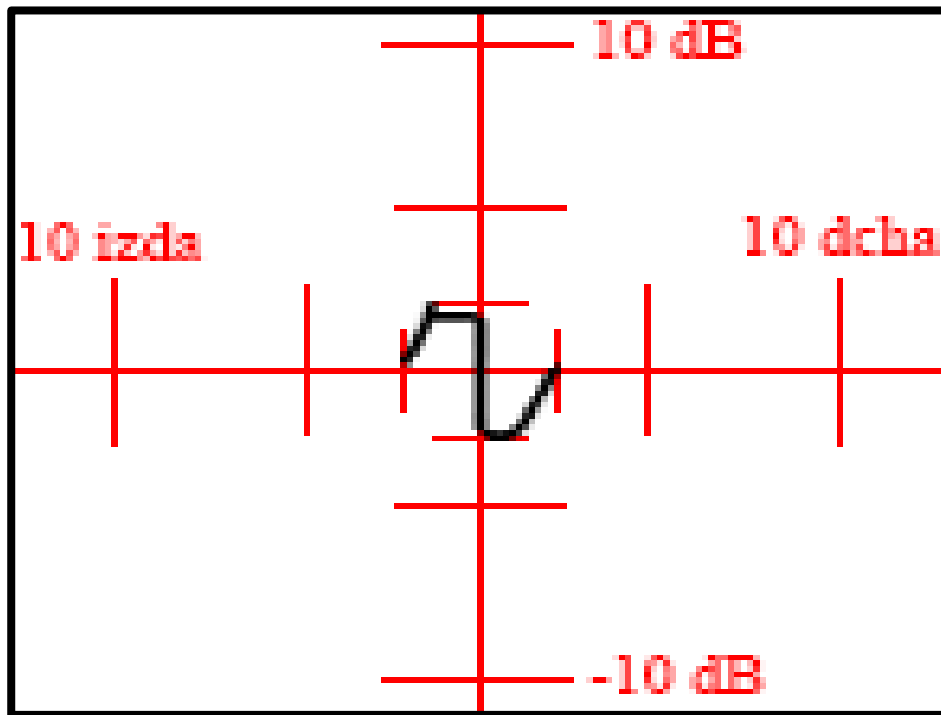


Figura 188. Letra r sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.16. “S, s”



Figura 189. Desarrollo gráfico de la letra S. Fuente: Cuadernillos Rubio

La letra “S” la sonificaremos de la siguiente forma:

Partiendo del máximo relativo (2 dcha, 1.5 dB) en arco ascendente hacia la izquierda hasta llegar al máximo absoluto (0.25 izda, 2.5 dB), para entonces descender en semicircunferencia, primero hacia la izquierda (2 izda, 1.5 dB) y luego a la derecha (0, 0.2 dB). Una vez completada la mitad de la figura, la otra mitad supone una simetría impar con respecto a la anterior, y por ello desde el punto (0, 0.2 dB) descenderemos en forma de media circunferencia hacia la derecha (2 dcha, -1.5 dB) y luego hacia la izquierda, llegando al mínimo (0, -2.5 dB). Desde ahí ascenderíamos hacia la izquierda, trazando un arco hasta el final de la figura (2 izda, -1.5 dB).

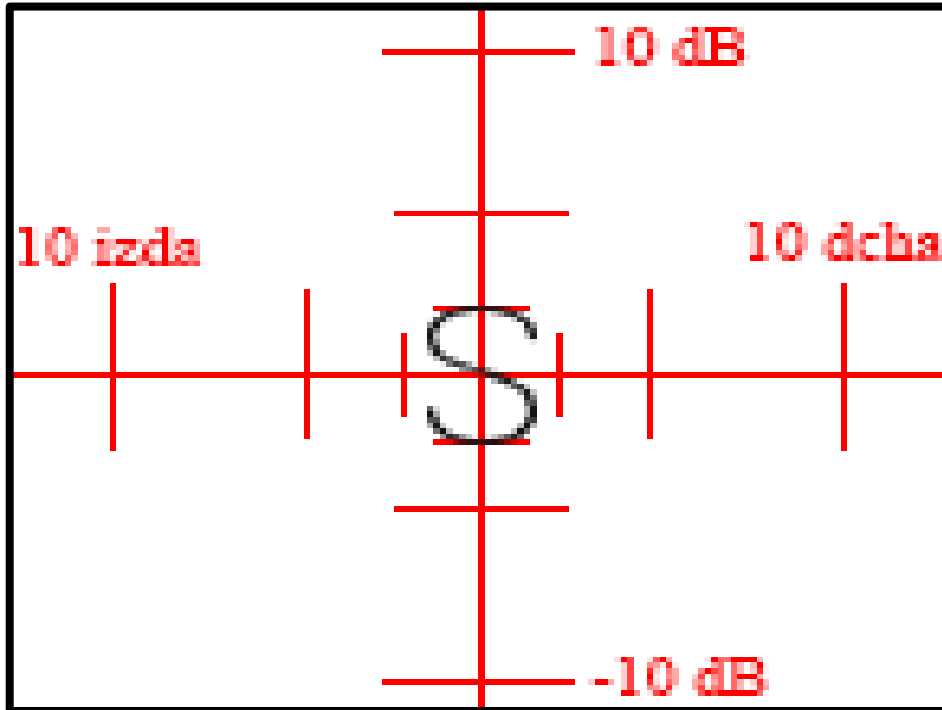


Figura 190. Letra S sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 191. Desarrollo gráfico de la letra s. Fuente: Cuadernillos Rubio

Orientada más a la izquierda del plano sonoro, la letra “s” contiene los siguientes trazos:

Primer trazo: partiendo del (2.5 izda, 0.5 dB) ascenderíamos hacia la derecha describiendo un trazo semirrecto hasta llegar al máximo absoluto (1.5 izda, 2.5 dB).

Segundo trazo: descenderíamos desde el punto anterior en arco hacia la derecha, pasando por el (0, 1.5 dB) y hasta el (0.25 dcha, 0.25 dB) y descenderíamos sólo en ganancia hasta el (0.25 dcha, -1 dB), para entonces, en arco, continuar el descenso en dirección izquierda pasando por el (0, -1.25 dB) y de ahí hasta llegar al mínimo absoluto (1.9 izda, -1.9 dB). Finalmente, llegaríamos al máximo relativo (2.5 izda, -0.5 dB).

Tercer trazo: desde el máximo relativo (2.5 izda, -0.5 dB) volveríamos sobre nuestros pasos hasta alcanzar al mínimo absoluto situado más a la derecha (0.25 izda, -1.9 dB) para ascender en trazo curvo y desplazándonos al mismo tiempo a la derecha hasta llegar a la conclusión de la figura (2.5 dcha, 0.2 dB).

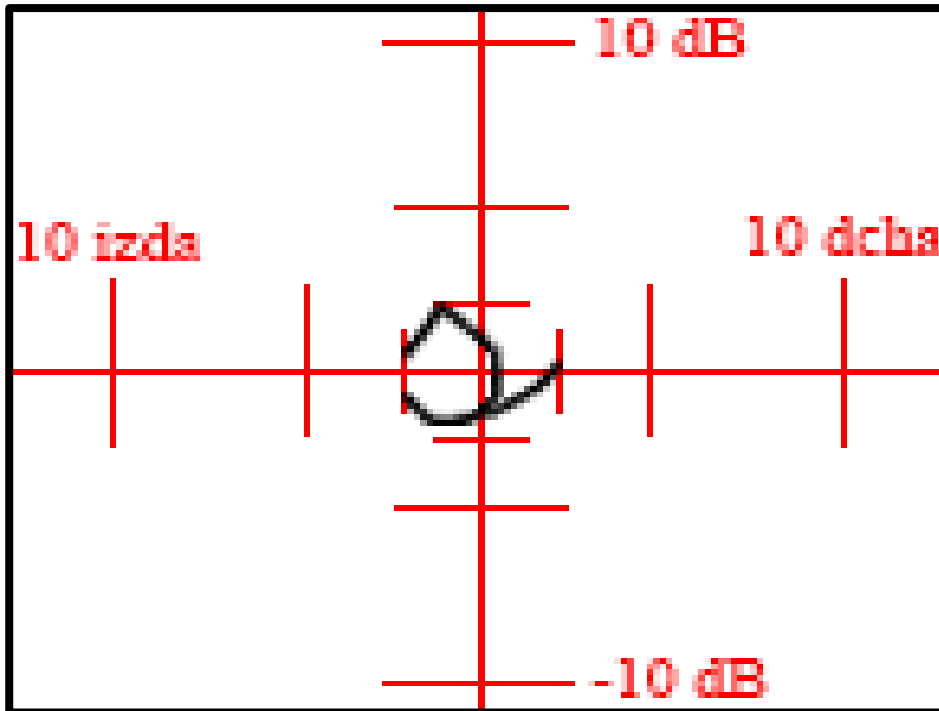


Figura 192. Letra s sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.17. “T, t”

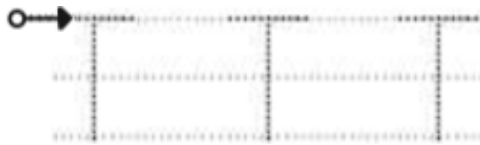


Figura 193. Desarrollo gráfico de la letra T. Fuente: Cuadernillos Rubio

La letra “T” se compone de los siguientes trazos sonoros:

Primer trazo (horizontal): del inicio (1.9 izda, 2.5 dB) al final (1.9 dcha, 2.5 dB); es decir, el trazo vertical sería un continuo máximo para toda la figura y una función constante de manera aislada.

Segundo trazo (vertical): desde el máximo absoluto central (0, 2.5 dB) hasta el único mínimo absoluto que tiene la figura (0, -2.5 dB).

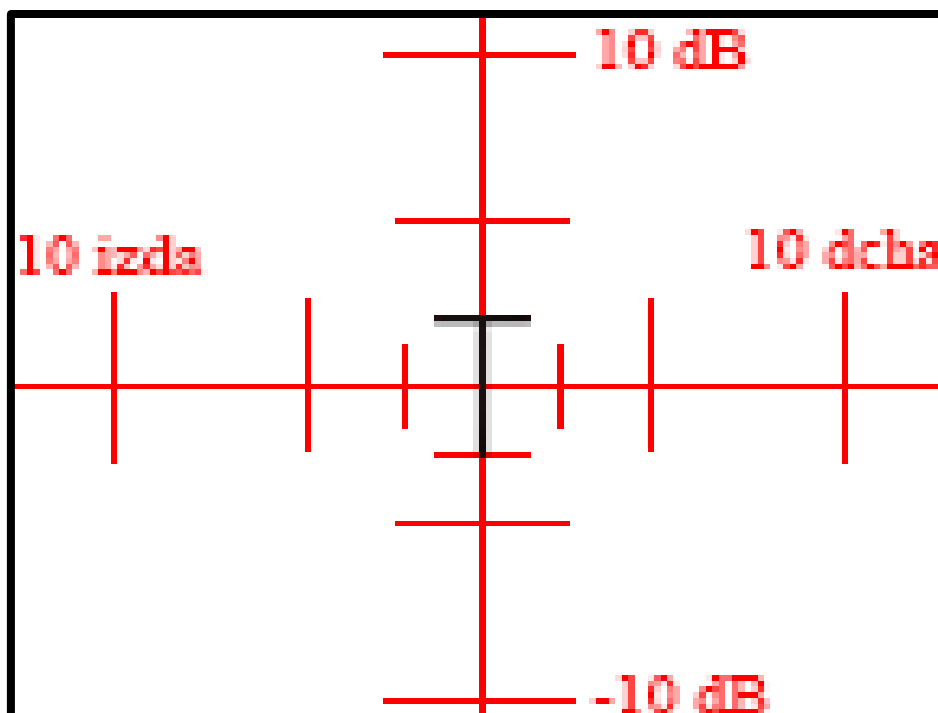


Figura 194. Letra T sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 195. Desarrollo gráfico de la letra t. Fuente: Cuadernillos Rubio

La letra “t”, quizá la letra más parecida a un kanji japonés, se compone de los siguientes trazos:

Primer trazo: partiríamos del (1.25 izda, -0.5 dB) en ascenso hasta el (0.2 izda, 0.25 dB) y desde ahí aumentaríamos ganancia hasta alcanzar el máximo absoluto (0.2 izda, 2.5 dB).

Segundo trazo: volviendo sobre nuestros pasos, descenderíamos sólo en ganancia pasando de nuevo por el (0.2 izda, 0.25 dB) hasta el (0.2 izda, -1.5 dB), donde ya nos desplazaríamos, además, hacia la derecha. De esta forma llegaríamos al mínimo absoluto (1 dcha, -2.5 dB). Finalmente, ascenderíamos en ganancia desplazándonos nuevamente hacia la derecha llegando al punto que concluye este segundo trazo, el máximo relativo (2.5 dcha, -0.25 dB).

Tercer trazo: supone una constante en ganancia determinada por las panoramizaciones de la izquierda y la derecha, (1.25 izda, 1.25 dB) y (1.9 dcha, 1.25 dB), respectivamente.

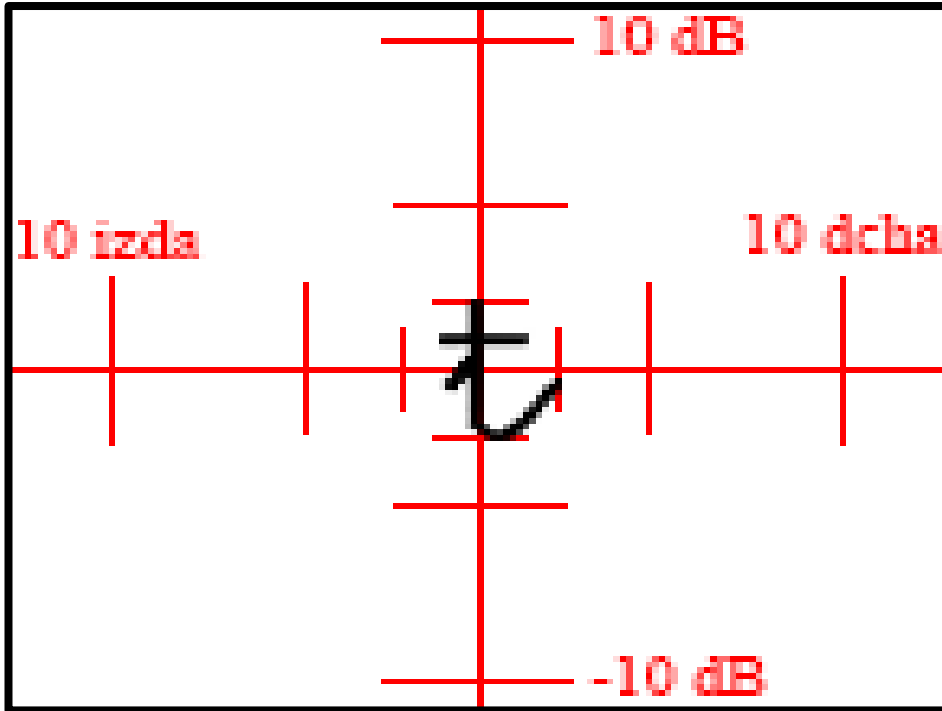


Figura 196. Letra t sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.18. “V, v”



Figura 197. Desarrollo gráfico de la letra V. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación de la letra “V”, de igual forma que en su versión gráfica, es sencilla de realizar porque recordemos que la sonificación propuesta deviene de la original en sí misma.

Primer trazo: desde el máximo absoluto situado a la izquierda (1.9 izda, 2.5 dB) en diagonal descendente hasta el único mínimo absoluto (0, -2.5 dB) o vértice de la figura.

Segundo trazo: inicia su recorrido en el (0, -2.5 dB) y lo concluye en el máximo absoluto situado más a la derecha (1.9 dcha, 2.5 dB).

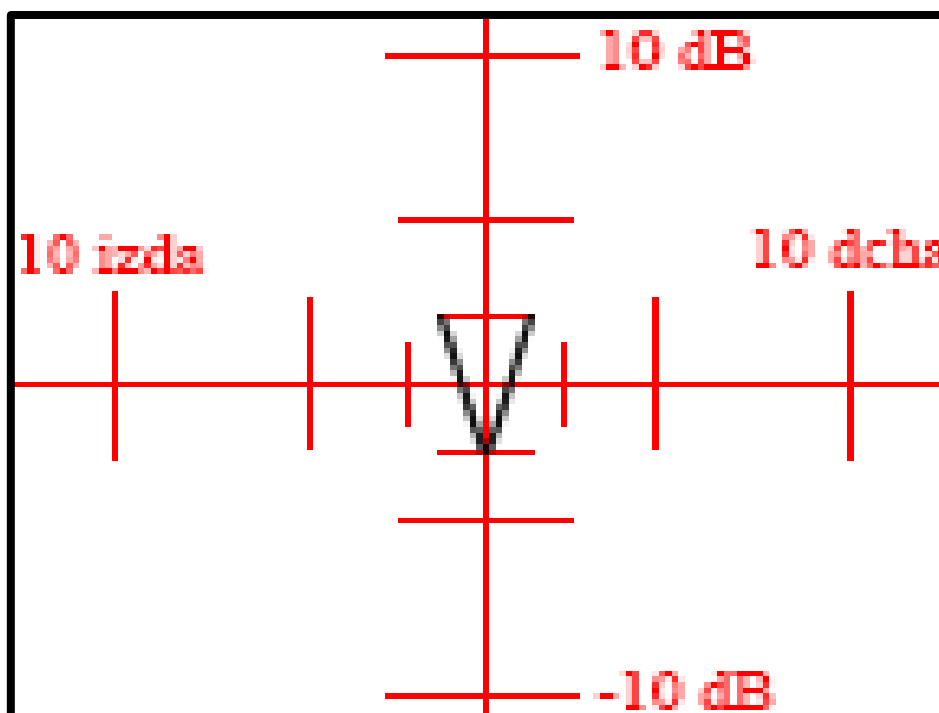


Figura 198. Letra V sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

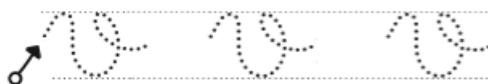


Figura 199. Desarrollo gráfico de la letra v. Fuente: Cuadernillos Rubio

La letra “v” se compone de los siguientes trazos.

Primer trazo: en ascenso desde el máximo relativo (2.5 izda, 0.2 dB) hasta uno de los máximos absolutos de la figura, el más situado a la izquierda (1.9 izda, 1.9 dB).

Segundo trazo: desde el máximo absoluto en descenso sólo en ganancia hasta alcanzar (1.9 izda, -0.5 dB) donde procederemos a desplazarnos también en panoramización hasta llegar al mínimo absoluto (0, -2 dB). Después, en ascenso, siguiendo con la misma tendencia en panoramización hasta alcanzar el punto de corte con el eje de abcisas (1 dcha, 0 dB) y seguir ascendiendo hasta tornar a la izquierda, llegando al otro máximo absoluto que corta con el eje de ordenadas en el (0, 1.9 dB).

Tercer trazo: desde el máximo absoluto más situado a la derecha (el último punto del trazo anterior) en descenso sólo de ganancia hasta el (0, 1 dB) para volver, además, a la tendencia de panoramización a la derecha (0.5 dcha, 0 dB). Después, llegados al mínimo relativo (2 dcha, -0.25 dB) ascenderíamos hasta el (2.5 dcha, 0 dB), suponiendo, éste, el término de la “v”.

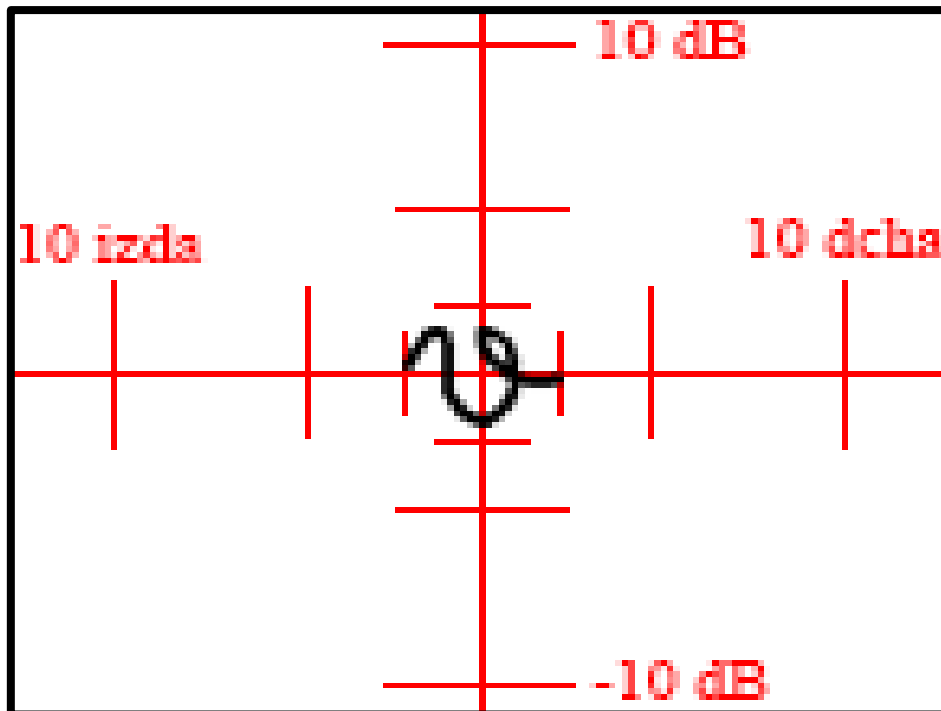


Figura 200. Letra v sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.19. “W, w”



Figura 201. Desarrollo gráfico de la letra W. Fuente: Cuadernillos Rubio

La letra “W” sonora se compone de los siguientes elementos o trazos:

Primer trazo: en el máximo absoluto situado más a la izquierda (2.7 izda, 2.5 dB) en descenso, describiendo una diagonal hacia uno de sus mínimos absolutos, el más situado a la izquierda (1.9 izda, -2.5 dB).

Segundo trazo: desde el mínimo absoluto en diagonal ascendente hasta el máximo absoluto central (0, 2.5 dB).

Tercer trazo: en diagonal descendente iniciando el recorrido en el máximo absoluto central hasta el mínimo absoluto situado más a la derecha (1.9 dcha, -2,5 dB).

Cuarto trazo: partiendo del mínimo absoluto de la derecha en ascenso diagonal hasta el máximo absoluto situado más a la derecha (2.7 dcha, 2.5 dB).

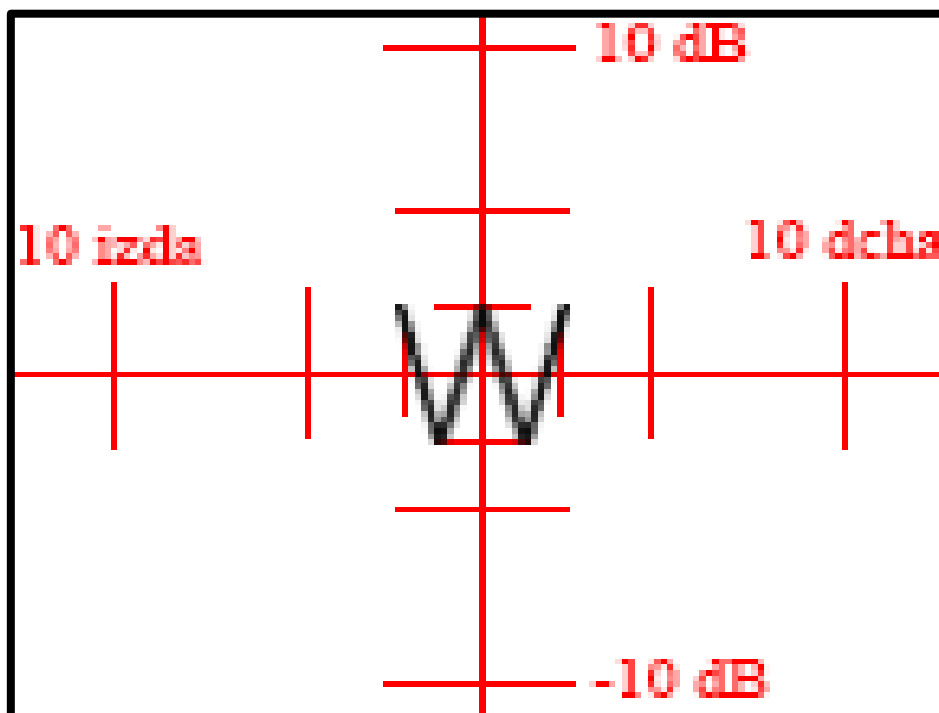


Figura 202. Letra W sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 203. Desarrollo gráfico de la letra w. Fuente: Cuadernillos Rubio

La “w” sería la fusión entre una “u” y una “v”. Para sonificarla, partiremos del punto (2.7 izda, 1 dB).

Primer trazo: desde el punto expuesto arriba en ascenso semirrecto hasta llegar al máximo absoluto de la izquierda (2.2 izda, 2 dB).

Segundo trazo: desde el máximo absoluto izquierdo decayendo en sólo ganancia hasta el (2.2 izda, -0.25 dB) para, desde allí, seguir descendiendo con desplazamiento hacia la derecha, llegando, pues, al mínimo absoluto de la izquierda, el (0.5 izda, -1.9 dB). Después ascenderíamos siguiendo la trayectoria de la derecha hasta el (0, -1.25 dB) para desde este punto, ascender sólo en ganancia y así llegar al máximo absoluto central de la figura (0, 2 dB).

Tercer trazo: volviendo sobre nuestros pasos, descenderíamos en ganancia hasta volver al (0, -1.25 dB), sólo que esta vez continuaremos en descenso hacia la derecha para alcanzar el mínimo absoluto derecho (1.9 dcha, -1.9 dB). Una vez pasado este punto, ascenderemos hacia la derecha pasando por el punto de corte con el eje de abscisas (2.5 dcha, 0 dB) y ascendiendo, ya entonces hacia la izquierda, hasta llegar al máximo absoluto de la derecha (1.9 dcha, 2 dB).

Cuarto trazo: desde el máximo absoluto de la derecha (1.9 dcha, 2 dB) descendemos sólo en ganancia hasta el (1.9 dcha, 1.5 dB) para seguir descendiendo y desplazándonos para volver al punto de tangencia con el eje de abcisas (2.5 dcha, 0 dB). Llegando al mínimo relativo (3.5 dcha, -0.2 dB) y después subiendo hasta el máximo relativo o final de la figura (3.75 dcha, 0 dB).

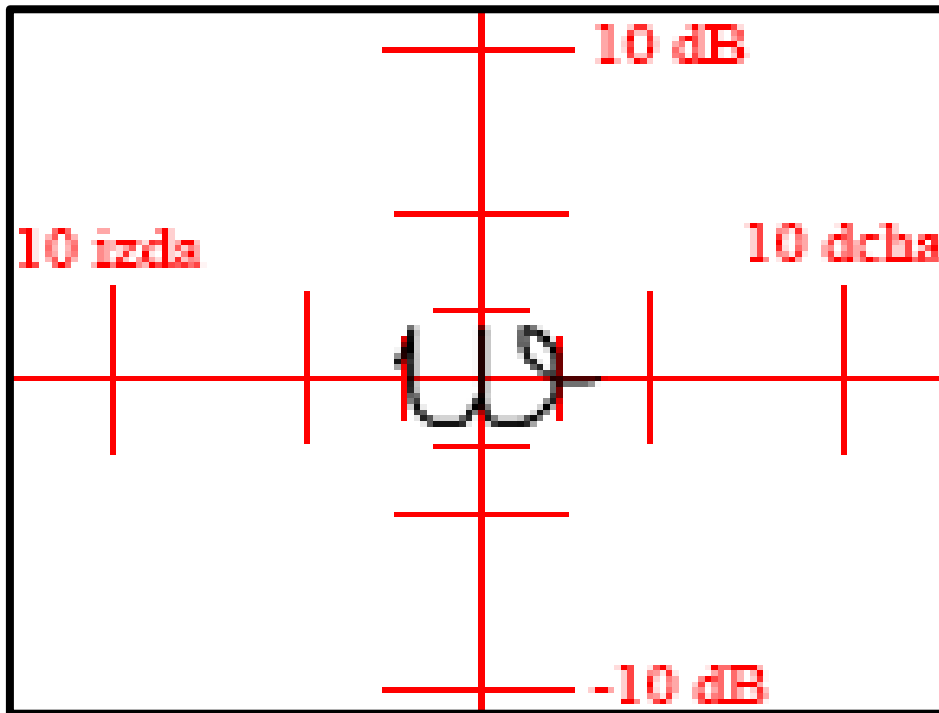


Figura 204. Letra w sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.7.2.2.20. “X, x”



Figura 205. Desarrollo gráfico de la letra X. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación de la letra “X” se realiza a partir de los siguientes trazos:

Primer trazo: desde el máximo (1.9 izda, 2.5 dB) en diagonal descendente pasando por el centro de ordenadas y abcisas (0, 0 dB) hasta llegar al mínimo absoluto de la derecha (1.9 dcha, -2.5 dB).

Segundo trazo: desde el mínimo absoluto de la izquierda (1.9 izda, -2.5 dB) hasta el máximo absoluto de la derecha (1.9 dcha, 2.5 dB).

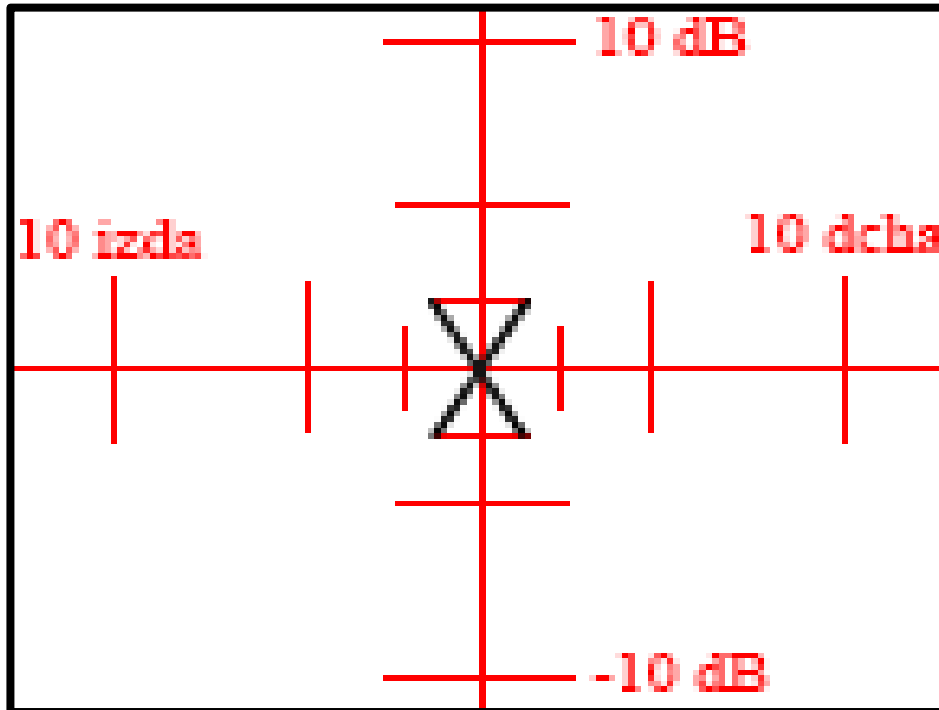


Figura 206. Letra X sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 207. Desarrollo gráfico de la letra x. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación de la letra “x” sigue el siguiente procedimiento:

Primer parte: correspondería con la letra “s”. Empezaría por el punto (2.5 izda, 0.5 dB) en ascenso en arco hacia la derecha y alcanzando el máximo absoluto de la izquierda (1 izda, 2 dB), para luego descender con panoramización hacia la derecha hasta el (0.2 izda, 1.5 dB), donde ya sólo atenuaríamos la ganancia hasta el (0.2 izda, -0.5 dB), desde donde descenderíamos hacia la izquierda hasta alcanzar el mínimo absoluto de la izquierda (1.5 izda, -1.5 dB). Después ascenderíamos hacia la izquierda, alcanzando el otro máximo relativo (2 izda, -0.5 dB).

Segunda parte: correspondería con la letra “c”. Iniciaría su recorrido en el punto (1.9 dcha, 1.5 dB) en ascenso hacia la izquierda y llegando al máximo absoluto de la derecha (0.5 dcha, 2 dB). Desde ahí descendemos en arco a la izquierda hasta el (0, 1.5 dB) donde ya sólo descenderíamos en ganancia hasta el (0, -0.5 dB) para seguir descendiendo ya a la derecha y así llegar hasta el mínimo absoluto que se halla en ese lugar (1.5 dcha, -1.5 dB). Finalmente, ascenderíamos hacia la derecha para llegar al término de la letra, el máximo relativo (2.7 dcha, 0 db).

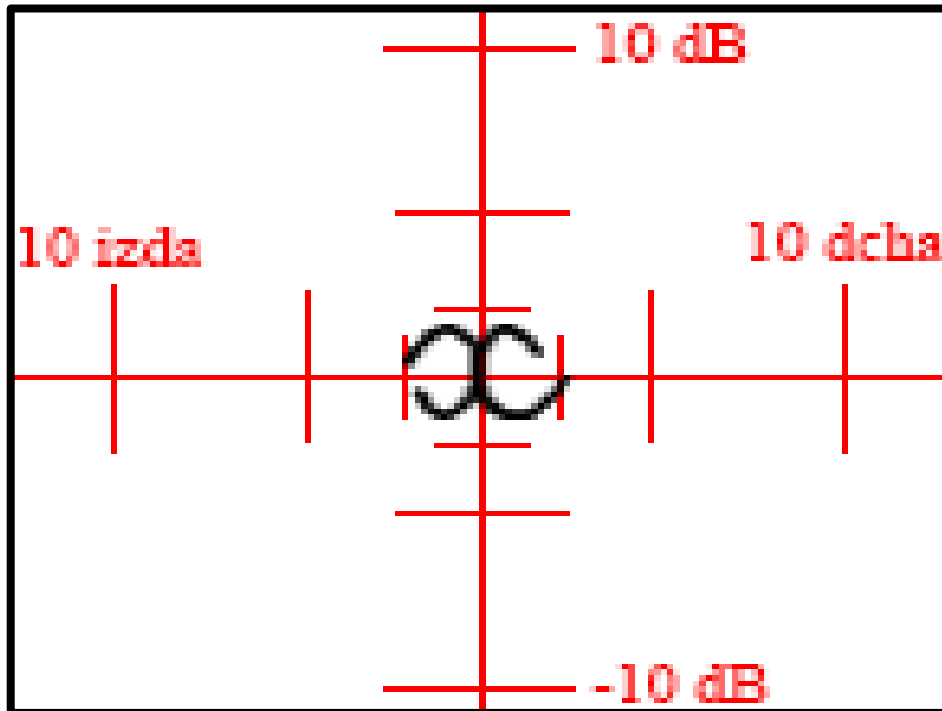


Figura 208. Letra x sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.21. “Y, y”



Figura 209. Desarrollo gráfico de la letra Y. Fuente: Cuadernillos Rubio

Para sonificar la letra “Y”, realizaremos los siguientes trazos:

Primer trazo: en diagonal descendente desde el máximo absoluto izquierdo (1.9 izda, 2.5 dB) hasta el mínimo relativo (0, 0.2 dB).

Segundo trazo: más largo que el anterior, pues, implica no sólo el segmento diagonal sino, además, el último trazo vertical que nos conduce hasta el mínimo absoluto. Sea así, pues, partiremos del máximo absoluto de la derecha (1.9 dcha, 2.5 dB) para continuar trazando una diagonal descendente hasta el punto de tangencia con el anterior trazado (0, 0.2 dB). A partir de este punto seguiremos descendiendo hacia el mínimo absoluto, pero mediante sólo la atenuación de la ganancia, hasta llegar al término (0, -2.5 dB).

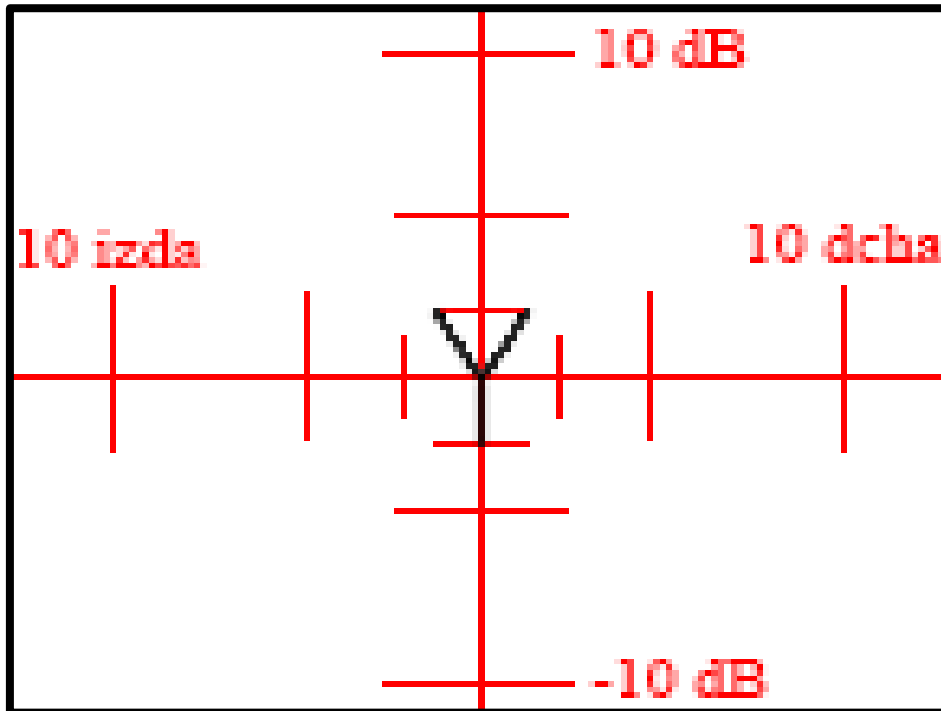


Figura 210. Letra Y sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 211. Desarrollo gráfico de la letra y. Fuente: Cuadernillos Rubio

Con formas más complejas que en su versión anterior, la sonificación de la letra “y” se compone de:

Primer trazo: desde el punto de partida situado en el (1.9 izda, 1 dB) en ascenso hasta el máximo absoluto de la izquierda (1 izda, 2.5 dB).

Segundo trazo: desde el máximo absoluto descenderemos en ganancia hasta el (0.5 izda, 1 dB), después, también nos desplazaremos formando un arco a la derecha pasando por el punto de corte con el eje de ordenadas (0, 0.25 dB) hasta ascender a la derecha en medio arco nuevamente, hasta llegar al máximo absoluto de la derecha (1 dcha, 2.5 dB).

Tercer trazo: atenuando la ganancia dejaremos atrás el máximo absoluto de la derecha para alcanzar el punto (1 dcha, -2.2 dB) y así poder llegar al mínimo absoluto que se halla en arco a la izquierda (0.25 dcha, -2.5). Continuaremos hacia la izquierda en arco ascendente (0.2 dcha, -2.2 dB) y seguiremos ascendiendo sólo en ganancia hasta el (0.2 dcha, -0.2 dB) para terminar ascendiendo en sentido derecho hasta llegar al punto final (2 dcha, 1.5 dB) que cerrará la figura.

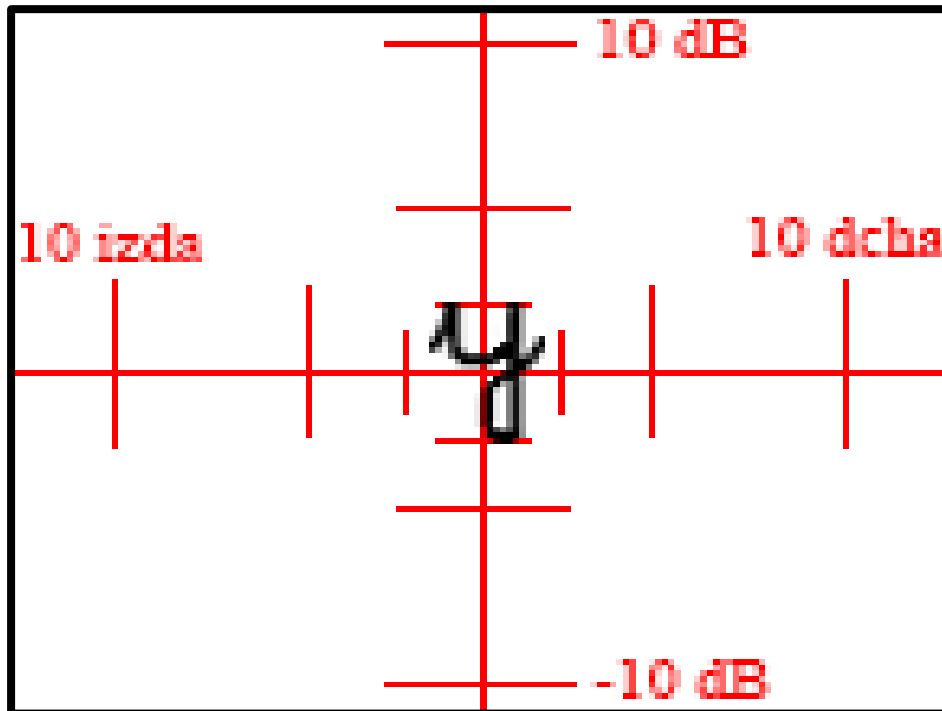


Figura 212. Letra y sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.2.22. “Z, z”



Figura 213. Desarrollo gráfico de la letra Z. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación de la letra “Z” se compone de dos trazos sonoros horizontales y uno diagonal.

Primer trazo (horizontal): desde el máximo absoluto de la izquierda (1.9 izda, 2.5 dB) recorreremos en panoramización todo el eje de ganancia de 2.5 dB hasta llegar al máximo absoluto derecho (1.9 dcha, 2.5 dB).

Segundo trazo (diagonal): partiendo del máximo absoluto de la derecha descenderemos en diagonal pasando por el centro de ordenadas y de abscisas (0, 0 dB), para llegar al mínimo absoluto de la izquierda (1.9 izda, -2.5 dB).

Tercer trazo (horizontal): continuar paralelo al primer trazo en la línea de los -2.5 dB, para terminar en el mínimo absoluto de la derecha (1.9 dcha, -2.5 dB).

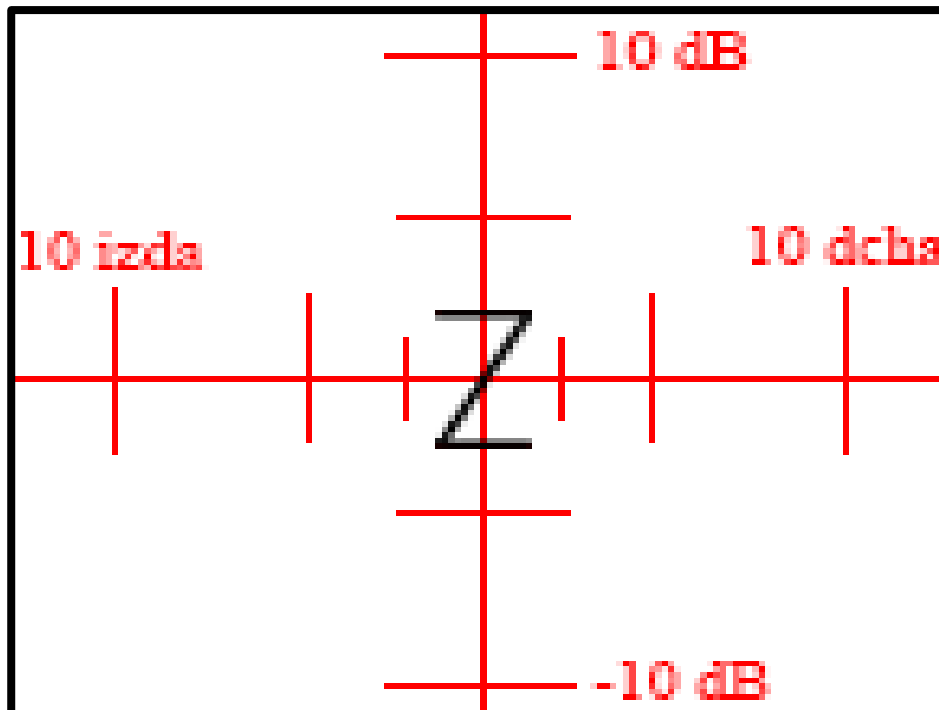


Figura 214. Letra Z sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia



Figura 215. Desarrollo gráfico de la letra z. Fuente: Cuadernillos Rubio

La “z” se compone de hasta cuatro trazos sonoros:

Primer trazo: desde el (2.5 izda, 0.25 dB) en ascenso hasta el máximo absoluto de la izquierda (2 izda, 2 dB).

Segundo trazo: desde el máximo absoluto de la izquierda en mínimo descenso curvo hasta el (1.25 izda, 1.5 dB) para ascender en arco y así alcanzar el último máximo absoluto, el de la derecha (0.5 dcha, 2 dB).

Tercer trazo: partiendo del máximo absoluto de la derecha, descenderíamos pasando esta vez por el punto de corte con el eje de abscisas (0.25 izda, 0 dB) hasta el mínimo absoluto de la izquierda (2 izda, -1.9 dB).

Cuarto trazo: a raíz de llegar al mínimo absoluto de la izquierda, ascenderemos ligeramente en arco hasta llegar al (0.25 izda, -1.5 dB) para volver a descender en arco hasta llegar al máximo absoluto de la derecha (0.5 dcha, -1.9 dB). Finalmente, ascenderemos en trazo curvo hasta llegar al punto que pondrá fin a la figura (2.5 dcha, 0.2 dB).

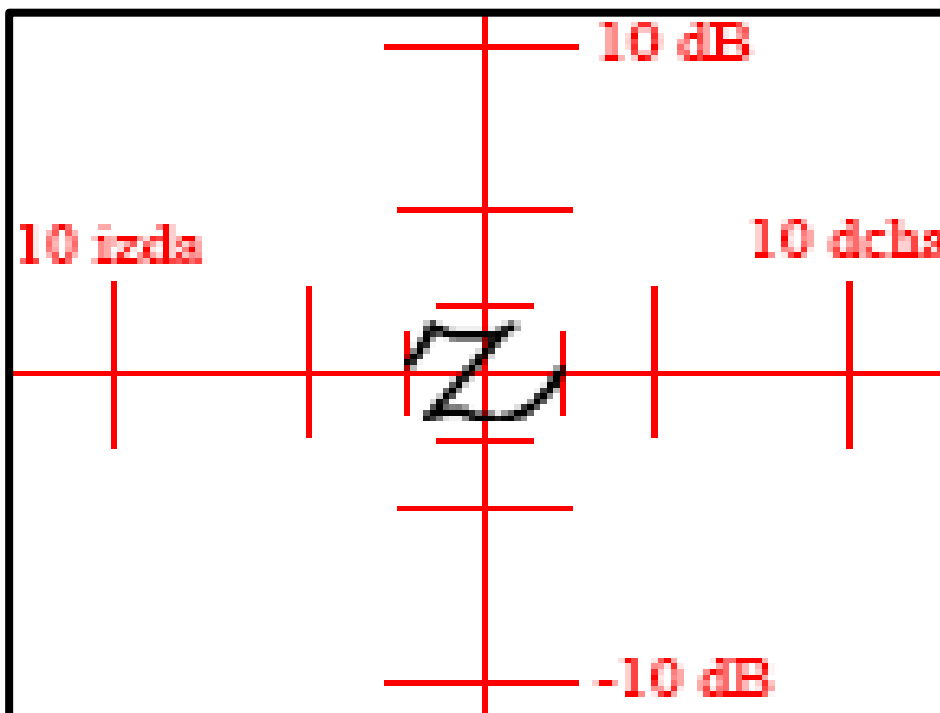


Figura 216. Letra z sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.3. SIGNOS ORTOGRÁFICOS O DE PUNTUACIÓN

Para la realización sonora de los signos ortográficos, lingüísticos o de puntuación procederemos a realizar el mismo proceso de conversión de los trazos que percibimos de manera óptica, a forma sonora, atendiendo a las variables que ya comentábamos en un principio: la panoramización (x) y la ganancia (y).

4.07.2.3.1. “LA COMA (,)”



Figura 217. Desarrollo gráfico del signo ortográfico de la coma. Fuente: Cuadernillos Rubio

Su sonificación, al igual que el de la mayoría de signos ortográficos, es, a diferencia del resto de figuras anteriormente mencionadas, más sencilla.

La “,” sonificada ocupa los espacios de entre (2.2 dcha, -2.2 dB) y el (2 dcha, -2.75 dB).

Además, su duración se ajustará necesariamente en proporción a su corto recorrido.

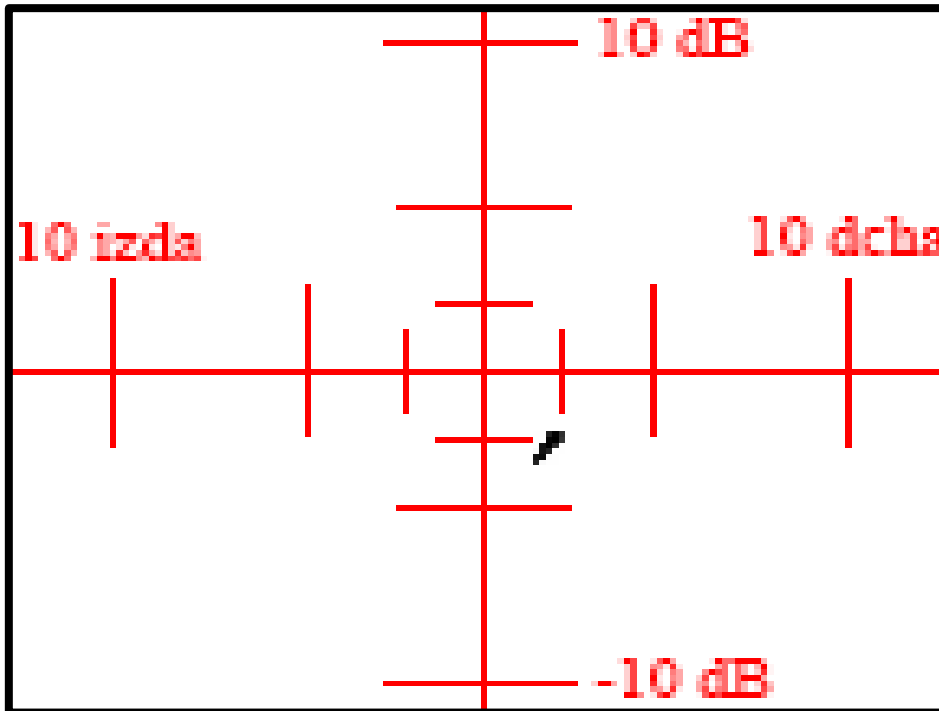


Figura 218. Signo de la coma sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4. 07.2.3.2. “EL PUNTO (.)”



Figura 219. Desarrollo gráfico del signo ortográfico del punto. Fuente: Cuadernillos Rubio

El “.” sonoro únicamente ocupa el sector (2.2 dcha, -2.2 dB). Su duración empieza y termina desde el mismo momento en que ya se ha emitido el sonido con la coordenada indicada arriba. Si no, lo que estaríamos representando sería una línea consecutiva de puntos bajo las mismas coordenadas superponiéndose unos sobre otros sin llegar nunca hasta donde nosotros estamos. Sería, traducido a su representación gráfica, un continuo punto al posar el bolígrafo sobre la hoja sin que éste se mueva y con la diferencia de que, al no tratarse de tinta sino de un soporte digital, no se desbordaría, pero sí podría resultar desbordante para el oyente.

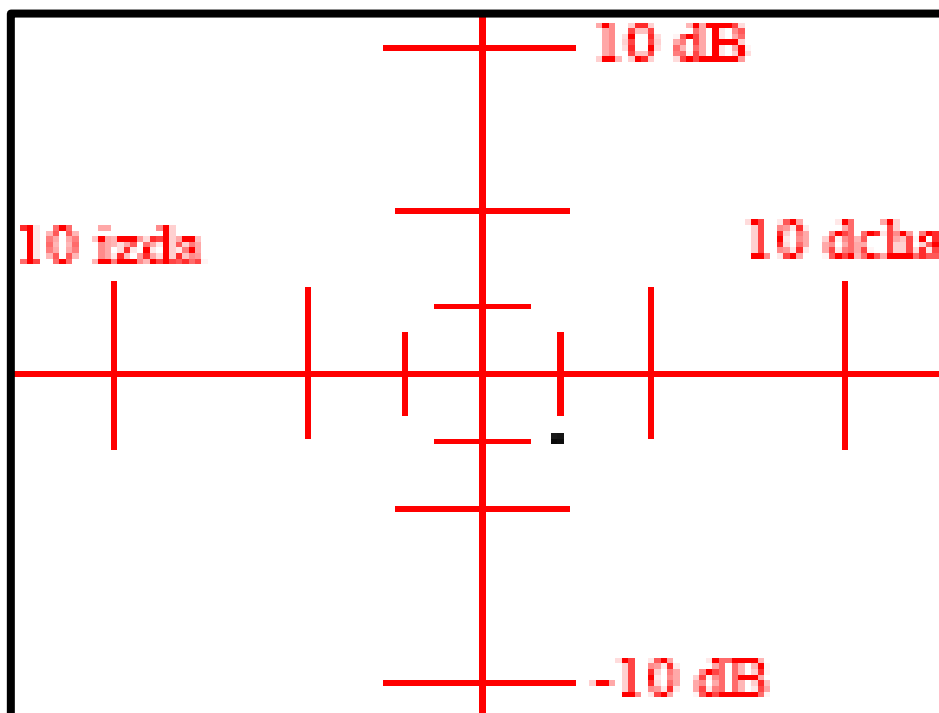


Figura 220. Signo del punto sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4. 07.2.3.3. “EL PUNTO Y COMA (;)”



Figura 221. D. gráfico del signo ortográfico del punto y coma. Fuente: Cuadernillos Rubio

Se aprovecha el contexto para explicar que al igual que al leer, no se vuelven a reproducir los trazos mentalmente para su identificación, sino que ya se tienen asumidos mediante una reproducción previa de la propia figura hasta su interiorización. Por tanto, lo que hemos y estamos explicando hasta ahora es la forma de realizar los trazos sonoros según el orden que ha sido establecido por convención gráfica, para que su traducción a sonido sea lo más fiel posible a su referente (el trazo visible). Por tanto, se entiende que una vez que estos trazos según su orden hayan sido memorizados, tal y como ocurre en el sistema de escritura, se utilicen todos a la vez sonificados en el caso de la lectura, y sólo su reproducción por partes cuando se esté realizando el ejercicio de aprendizaje de la escritura o redacción de un mensaje.

Dicho todo lo anterior y siguiendo el patrón de trazos, sonificar el “;” procura el trazo del “.” un nivel más alto que el de la “,” que sí permanece en su lugar tal y como aparece en su representación en solitario (“,”).

Para sonificar el “;” debemos llevar a cabo dos procesos, el del “.” y el de la “,”.

El “.” se ubica más arriba que la “,” en los sectores (2.2 dcha, -1.25 dB). Y siguiendo con la explicación en la representación del “.” en solitario, la duración de la emisión sonora será mínima.

La coma sonificada ocupa los espacios de entre (2.2 dcha, -2.2 dB) y el (2 dcha, -2.75 dB).

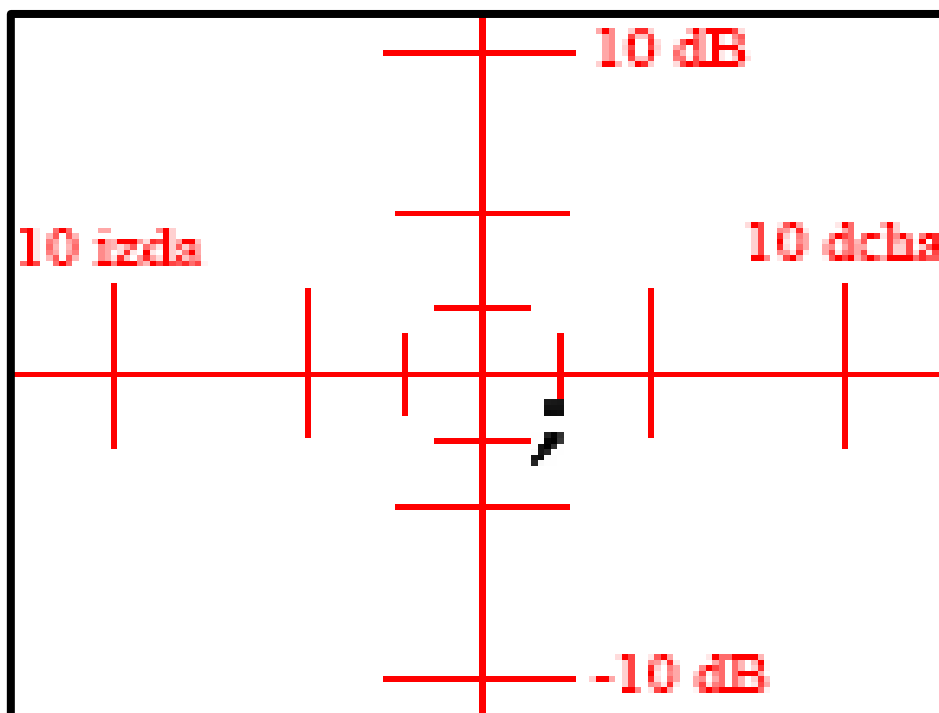


Figura 222. Signo del punto y coma sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4. 07.2.3.4. “LOS DOS PUNTOS (:)”



Figura 223. Diseño gráfico signo ortográfico de los dos puntos. Fuente: Cuadernillos Rubio

Los dos puntos sonificados serían la combinación del “.” del que forma parte el “;” y el “.” en solitario, según el que está más arriba o más abajo, respectivamente.

Siguiendo estas directrices, los “:” sonoros serían de la siguiente manera:

El “.” superior se ubica más arriba que la “,” en los sectores (2.2 dcha, -1.25 dB). Y siguiendo con la explicación en la representación del “.” en solitario, la duración de la emisión sonora será mínima.

El “.” inferior únicamente ocupa el sector (2.2 dcha, -2.2 dB). Su duración empieza y termina desde el mismo momento en que ya se ha emitido el sonido del punto superior con la coordenada indicada arriba.

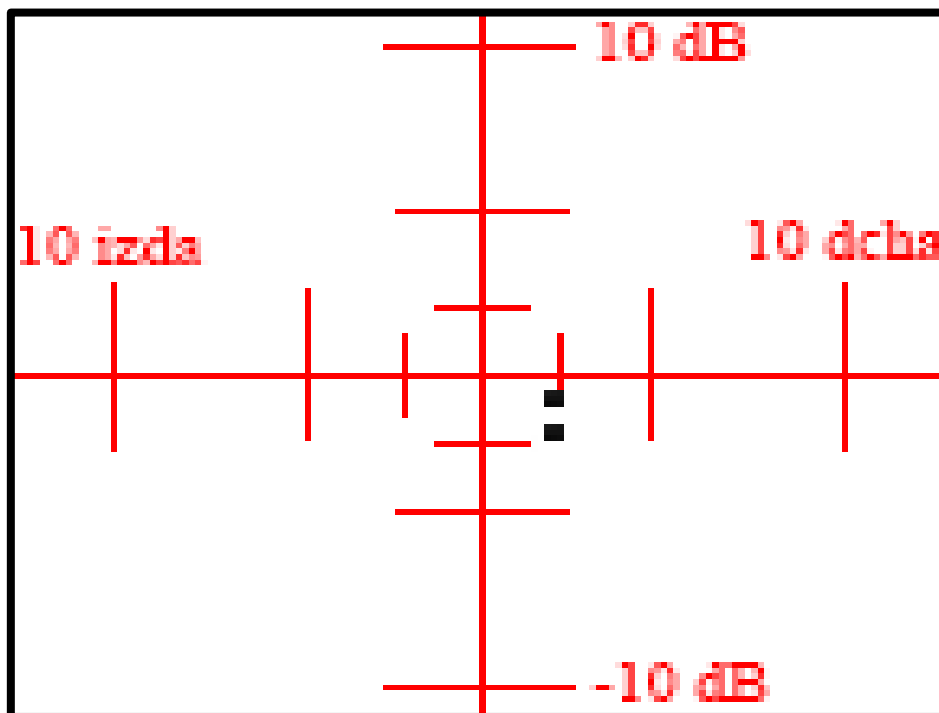


Figura 224. Signo de los dos puntos sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4. 07.2.3.5. “LOS PUNTOS SUSPENSIVOS (...)”



Figura 225. D. gráfico signo ortográfico de los puntos suspensivos. Fuente: Cuadernillos Rubio

Los puntos suspensivos están conformados por tres “.” solitarios que se unen para remarcar un silencio, omisión o elipsis en un texto, ya sea verbal o escrito. Dicho esto, pues, procederemos a traducir a sonido acorde a la plantilla de coordenadas sonoras proporcionada y con la que hemos estado trabajando todos los fenómenos gráficos traducidos a sonido.

El primer punto sonoro únicamente ocupa el sector (1.5 dcha, -2.2 dB). Su duración empieza y termina desde el mismo momento en que ya se ha emitido el sonido con la coordenada indicada arriba.

El segundo punto sonoro se halla en el sector (2 dcha, -2.2 dB). Su duración empieza y termina desde el mismo momento en que ya se ha emitido el sonido con la coordenada indicada arriba.

El tercer punto sonoro concluye la totalidad de la figura en el sector (2.5 dcha, -2.2 dB). Como hemos comentado en ocasiones anteriores, la duración empieza y termina desde el mismo momento en que ya se ha emitido el sonido con la coordenada indicada arriba.

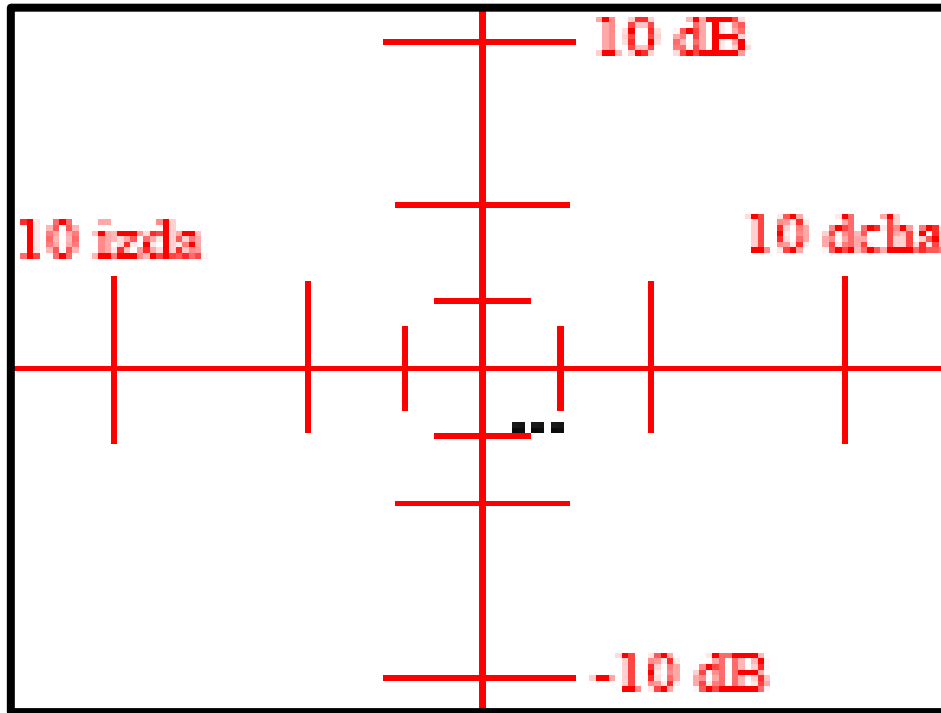


Figura 226. Signo de los puntos suspensivos en p. de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4. 07.2.3.6. “EL GUIÓN (-)”



Figura 227. Diseño gráfico del signo ortográfico del guion. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación del guion resulta bastante sencilla, ya que, expresado de forma matemática, éste correspondería con una función constante $f(x)=0.2$ dB, sólo que, con dos asíntotas verticales en los límites de la función que determinan la existencia de ésta en los puntos ($x=1.5$ izda) y ($x=1.5$ dcha). En otras palabras, la sonificación del guion empieza por el punto (1.5 izda, 0.2 dB) y termina su recorrido en el (1.5 dcha, 0.2 dB).

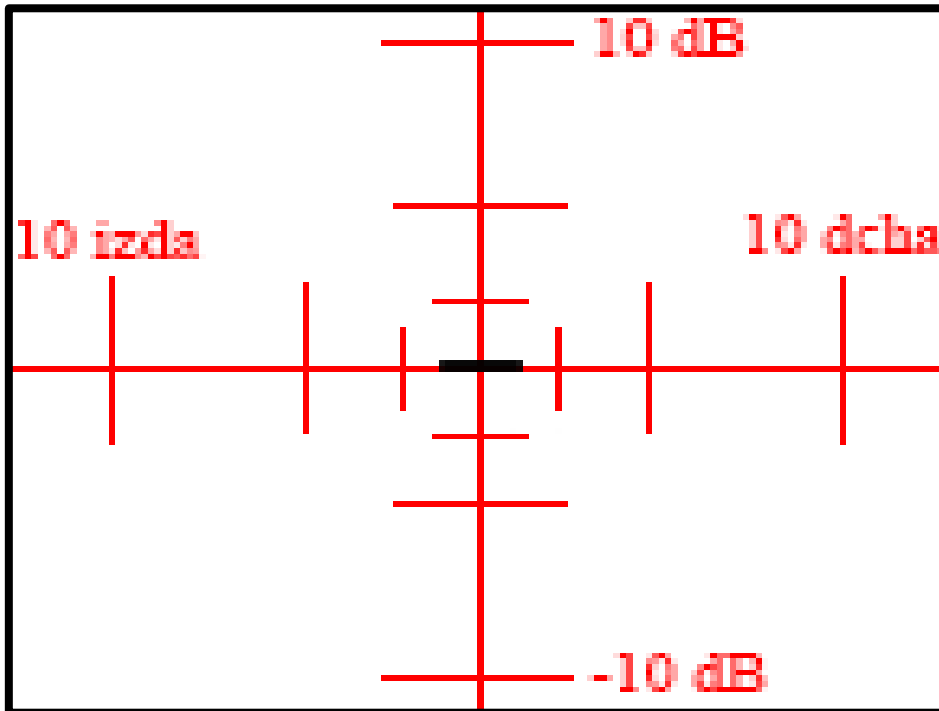


Figura 228. Signo del guion sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.3.7. “LOS SIGNOS DE INTERROGACIÓN (;?)”

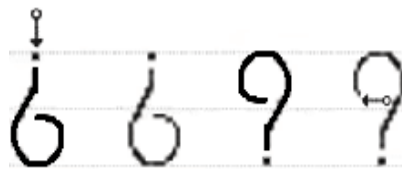


Figura 229. Diseño gráfico del signo ortográfico interrogativo. Fuente: Cuadernillos Rubio

Aunque los signos tanto de apertura como de cierre de interrogación aparecen representados en el mismo gráfico, se sobreentiende que la distancia entre uno y otro es directamente proporcional al tamaño del mensaje que contenga en su interior. Aclarado esto, pues, vamos a proceder a la sonificación de los signos de apertura y cierre de interrogación gráficos.

Signo de interrogación (apertura): comenzando en el punto que corona el signo, ubicado en las coordenadas sonoras (2.75 izda, 2.5 dB), haremos después un salto o elipsis sonora para empezar ya dentro del signo (2.75 izda, 2 dB) y así descender en ganancia hasta el (2.75 izda, 1 dB) para luego proceder al arco orientado hacia la izquierda que pasa por el punto de tangencia con el eje de abscisas (3 izda, 0 dB) hasta acabar en el (3.25 izda, -0.5 dB). Continuaremos en descenso sólo afectando a la ganancia hasta el (3.25 izda, -1.5 dB). Tras un breve lapso de atenuación sólo de ganancia, seguiremos descendiendo ya con desplazamiento hacia la derecha en este caso, hasta llegar al mínimo absoluto (2.7 izda, -2.5 dB). Tras esto, volveríamos a ascender hacia la derecha en semiarco hasta alcanzar el (2 izda, -1.9 dB) donde permaneceremos contantes en panoramización, no en

ganancia, hasta el punto (2 izda, -0.25 dB) donde ya terminaremos la figura en arco hacia la izquierda, en el punto (2.75 izda, -0.25 dB).

Signo de interrogación (cierre): empezando por el punto (2.75 dcha, 0.25 dB) en ascenso izquierdo hasta el (2 dcha, 1 dB) donde ascenderemos sólo en ganancia hasta el (2.75 izda, 2 dB) donde comenzaremos a ascender con desplazamiento hacia la derecha en forma de semiarco hasta el máximo absoluto (2.75 dcha, 2.5 dB) donde continuaríamos desplazándonos sólo hacia la derecha hasta el (2.9 dcha, 2.5 dB) para luego descender en arco hasta el (3.25 dcha, 1.5 dB) donde ya sólo descenderemos en ganancia hasta el (3.25 dcha, 0.5 dB). Pasado este punto, seguiremos descendiendo desplazándonos en semiarco en dirección a la izquierda hasta pasar por el punto de corte con el eje de abcisas (3 izda, 0 dB). Continuando con esta tendencia llegaremos hasta el (2.75 dcha, -1 dB) donde ya descenderemos sólo en ganancia hasta el mínimo relativo y final del trazo (2.75 dcha, -2 dB). Finalmente, terminaremos con el punto que concluye el signo de cierre, el mínimo absoluto, que se halla en las coordenadas (2.75 dcha, -2.5 dB).

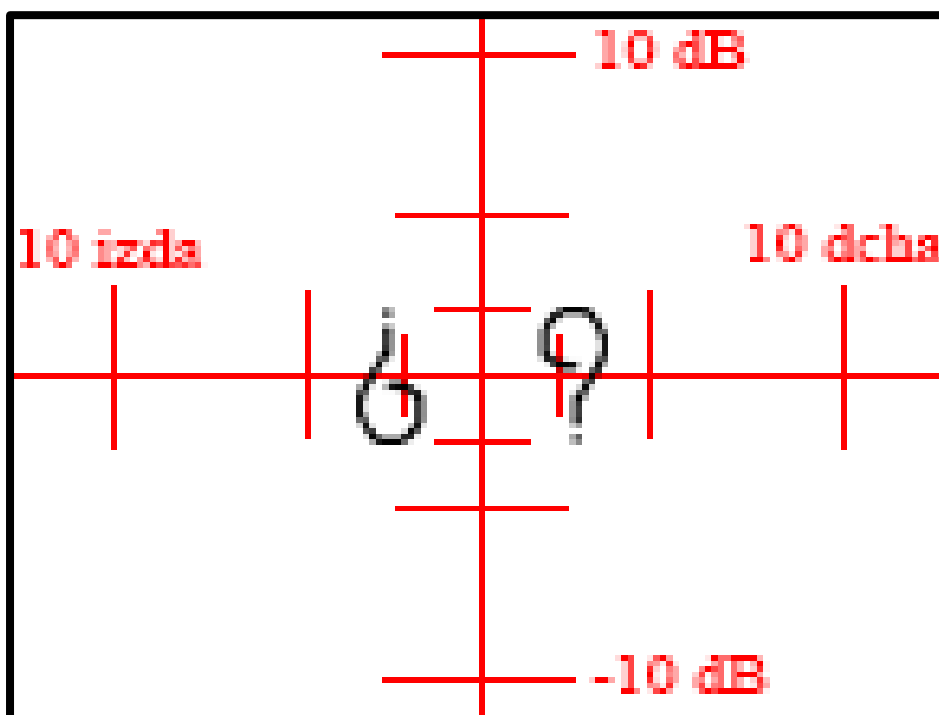


Figura 230. Signo de la interrogación en plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.3.8. “LOS SIGNOS DE EXCLAMACIÓN (;!)”

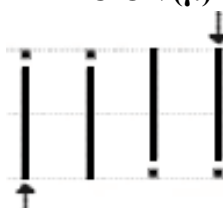


Figura 231. Diseño gráfico del signo ortográfico exclamativo. Fuente: Cuadernillos Rubio

Los signos de exclamación son más sencillos de realizar en comparación con los de interrogación.

Para sonificarlos, emplearemos la plantilla gráfica de coordenadas sonoras y determinaremos sus puntos que comprenden el recorrido de cada figura.

Signo de exclamación (apertura): empezando por el punto o máximo absoluto (2.75 izda, 2.5 dB), haríamos una elipsis y volveríamos a empezar en el (2.75 izda, 2 dB) para desplazarnos negativamente en vertical (afectando sólo a la ganancia) hasta comprender el mínimo absoluto de la figura (2.75 izda, -2.5 dB).

Signo de exclamación (cierre): iniciando el recorrido en el máximo absoluto (2.75 dcha, 2.5 dB), atenuaríamos la ganancia hasta llegar al mínimo relativo situado en el (2.75 dcha, -2 dB), suponiendo el final del trazo. Finalmente, la figura concluiría en el mínimo absoluto o punto de cierre del signo (2.75 dcha, -2.5 dB).

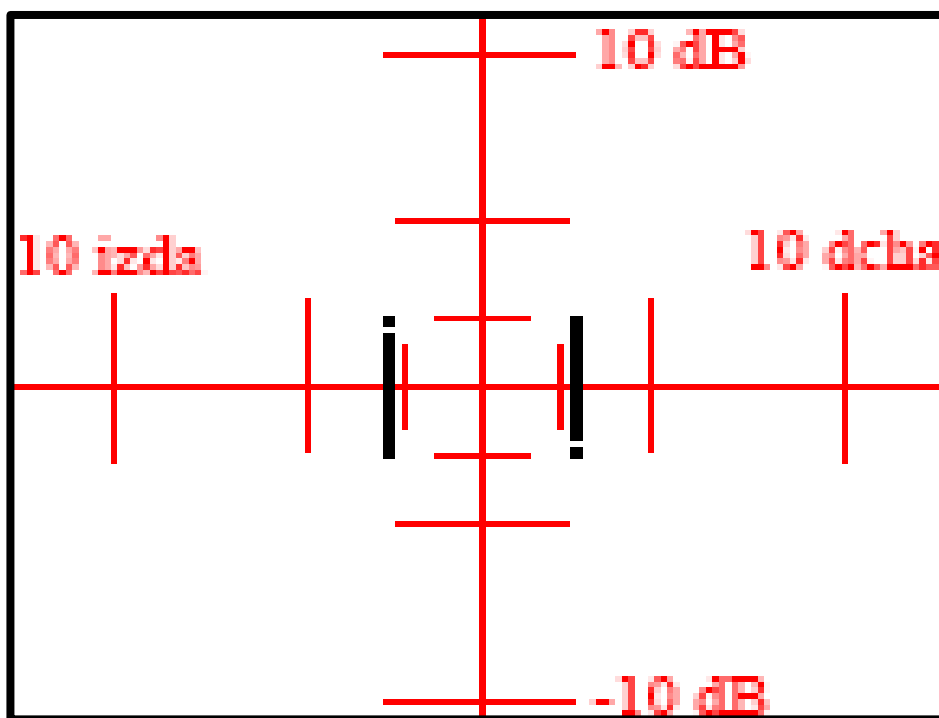


Figura 232. Signo de la exclamación en plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.3.9. “EL ACENTO ORTOGRÁFICO (´)”



Figura 233. Diseño gráfico del signo ortográfico del acento. Fuente: Cuadernillos Rubio

El acento ortográfico tiene diferentes maneras de manifestarse en las letras, dependiendo de si éstas son mayúsculas o minúsculas y si son minúsculas, además, si son vocales abiertas o cerradas.

Acento ortográfico, mayúsculas: ocupa el área que se encuentra entre los puntos (0.2 izda, 2.7 dB) y (1.25 dcha, 3.5 dB).

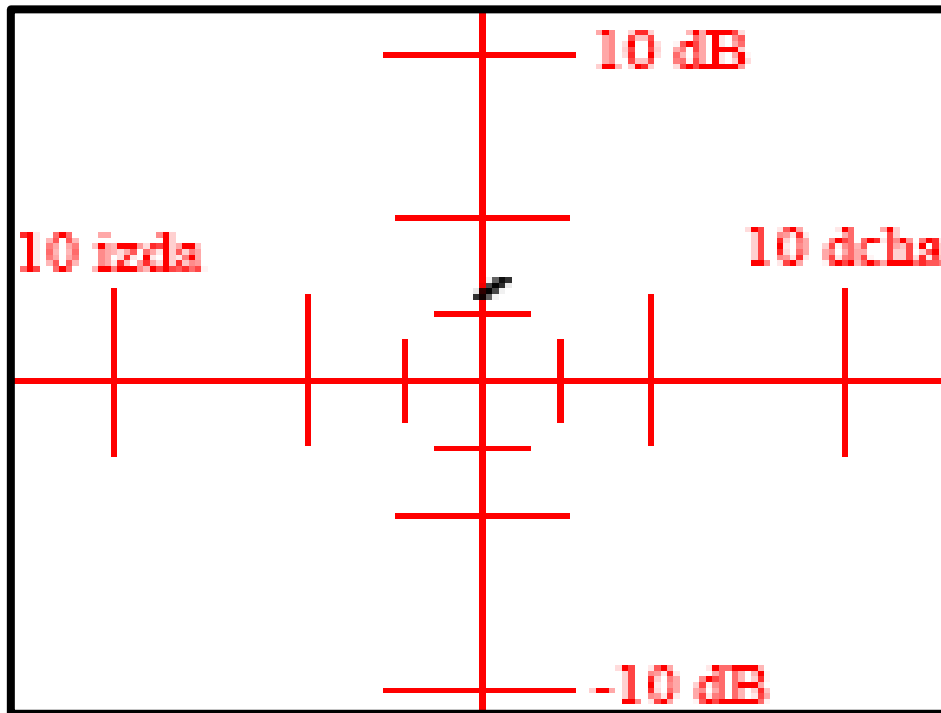


Figura 234. Signo del acento en mayúsculas en p. de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Acento ortográfico, minúsculas (vocal abierta): ocupa el área comprendida entre el (0.2 izda, 2.2 dB) y el (0.5 dcha, 2.75 dB).

Acento ortográfico, minúsculas (vocal cerrada): ocupa el área comprendida entre el (0.5 izda, 2.2 dB) y el (0.2 dcha, 2.75 dB).

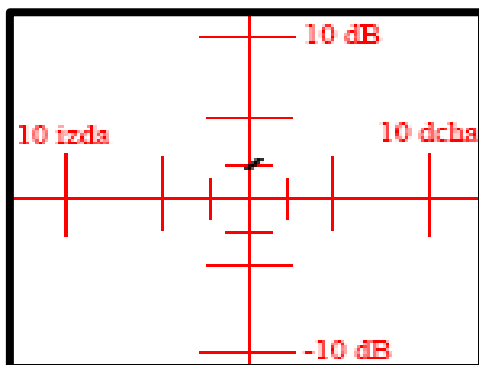


Figura 235. S. acento en minúsculas, vocales abiertas en p. de c. cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

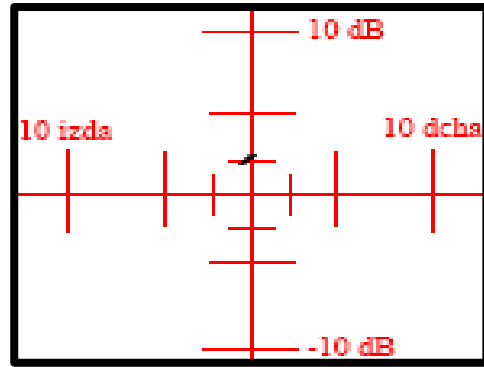


Figura 236. S. acento en minúsculas, vocales cerradas en p. de c. cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.3.10. “LA BARRA (/)”



Figura 237. Diseño gráfico del signo ortográfico de la barra. Fuente: Cuadernillos Rubio

Las coordenadas sonoras de la barra ocuparían en diagonal desde el máximo absoluto, situado en el área de la derecha (1 dcha, 2.5 dB), hasta el mínimo absoluto, en la zona de la izquierda (1 izda, -2.5 dB).

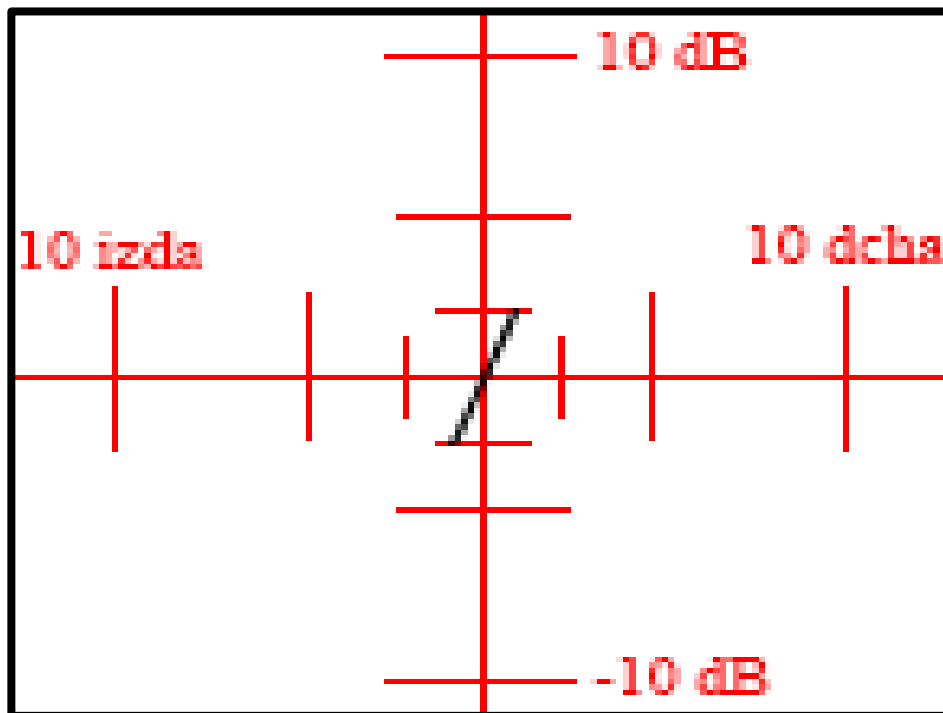


Figura 238. Signo de la barra sobre plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.4. FIGURAS GEOMÉTRICAS

4.07.2.4.1. “EL TRIÁNGULO”

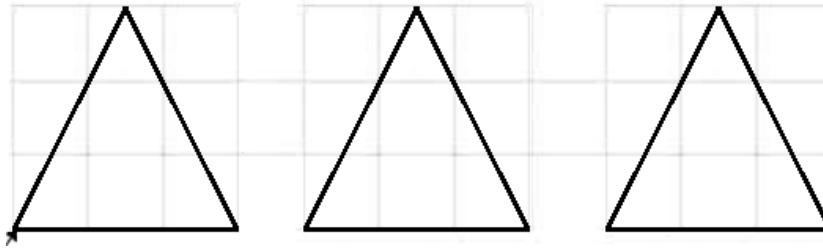


Figura 239. Diseño gráfico de la figura geométrica del triángulo. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación del triángulo comprende los siguientes lados o trazos sonoros:

Primer trazo (diagonal ascendente): desde el mínimo absoluto de la izquierda de la figura (2.5 izda, -2.5 dB) hasta el máximo absoluto convergente o vértice de la figura (0, 2.5 dB).

Segundo trazo (diagonal descendente): desde el máximo absoluto o vértice de la figura hasta el mínimo absoluto de la misma, hallado en el (2.5 dcha, -2.5 dB).

Tercer trazo (perpendicular): desde el mínimo absoluto de la derecha hasta el mínimo absoluto de la izquierda.

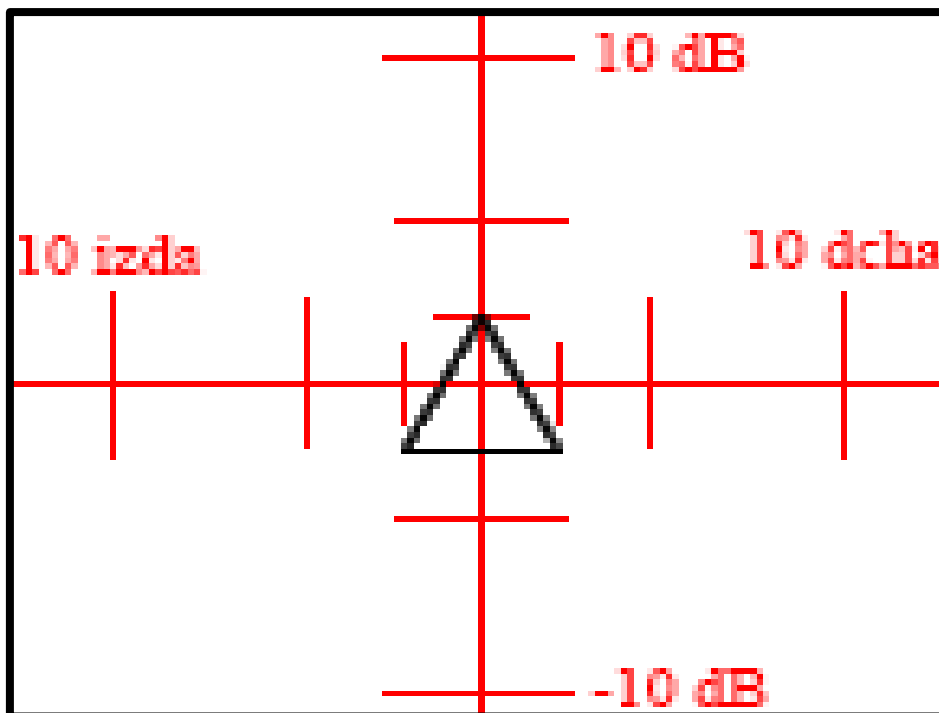


Figura 240. Figura del triángulo en p. de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.4.2. “EL CUADRADO”

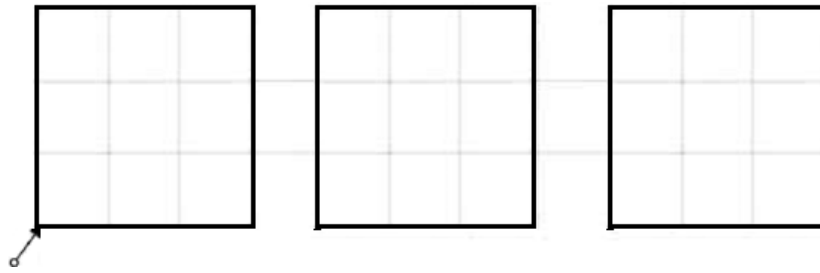


Figura 241. Diseño gráfico de la figura geométrica del cuadrado. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación de la figura geométrica del cuadrado, es la siguiente:

Primer trazo (perpendicular ascendente): desde el mínimo absoluto (2.5 izda, -2.5 dB) hasta el máximo absoluto de la izquierda (2.5 izda, 2.5 dB).

Segundo trazo (perpendicular horizontal): desde el máximo absoluto izquierdo hasta el derecho (2.5 dcha, 2.5 dB).

Tercer trazo (perpendicular descendente): desde el máximo absoluto de la derecha hasta el mínimo absoluto de la misma (2.5 dcha, -2.5 dB).

Cuarto trazo (perpendicular horizontal): desde el mínimo absoluto de la derecha hasta el punto de partida (mínimo absoluto de la izquierda).

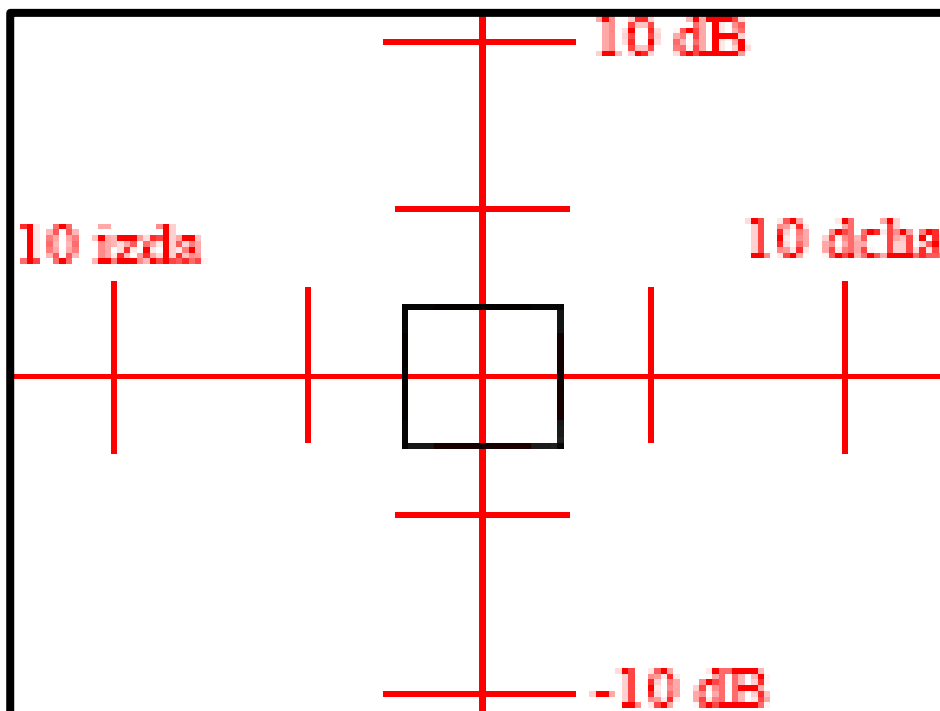


Figura 242. Figura del cuadrado en p. de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.4.3. “EL RECTÁNGULO”

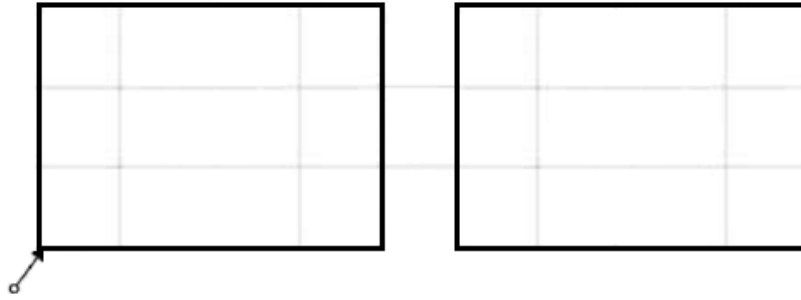


Figura 243. Diseño gráfico de la figura geométrica del rectángulo. Fuente: Cuadernillos Rubio

La sonificación de la figura geométrica del rectángulo se compone de los siguientes trazos:

Primer trazo (perpendicular ascendente): desde el mínimo absoluto izquierdo (4.4 izda, -2.5 dB) hasta el máximo absoluto izquierdo (4.4 izda, 2.5 dB).

Segundo trazo (perpendicular horizontal): desde el máximo absoluto izquierdo (4.4 izda, 2.5 dB) hasta el máximo absoluto derecho (4.4 dcha, 2.5 dB).

Tercer trazo (perpendicular descendente): desde el máximo absoluto derecho hasta el mínimo absoluto derecho (4.4 dcha, -2.5 dB).

Cuarto trazo (perpendicular horizontal): desde el mínimo absoluto derecho hasta el izquierdo o punto de partida (4.4 izda, -2.5 dB).

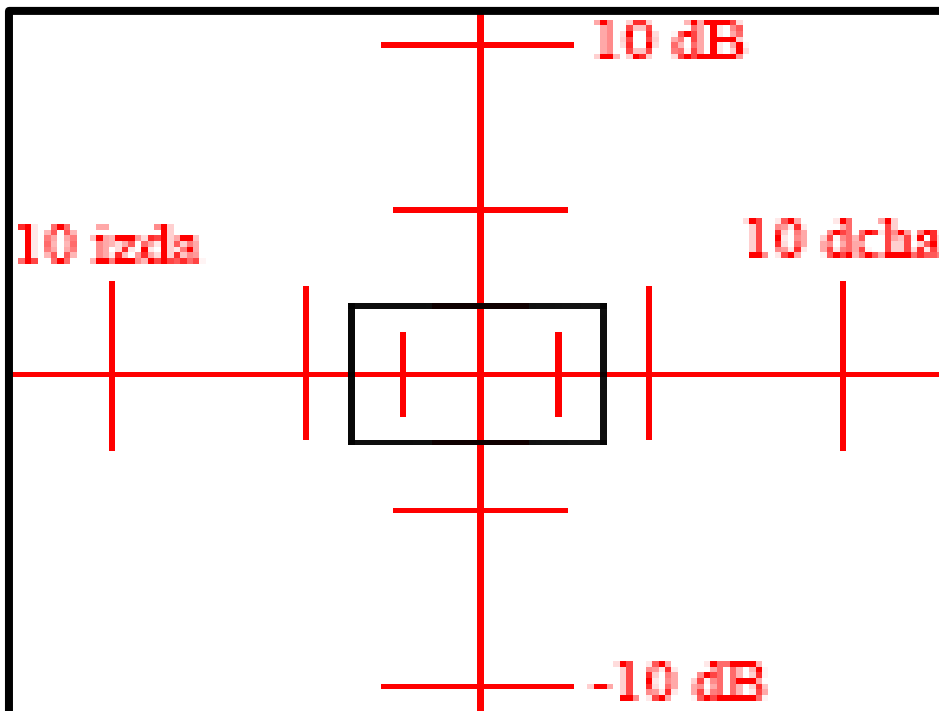


Figura 244. Figura del rectángulo en p. de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.4.4. “LA CIRCUNFERENCIA”

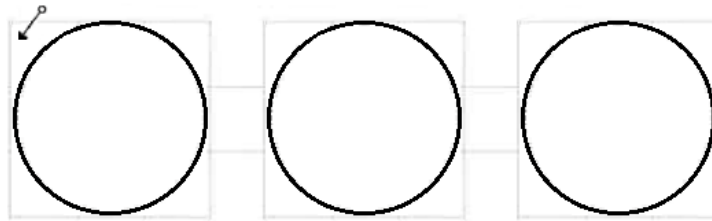


Figura 245. Diseño gráfico de figura geométrica de la circunferencia. Fuente: Cuadernillos Rubio

Para sonificar la circunferencia, partiremos y finalizaremos el recorrido en el máximo absoluto, siguiendo el sentido contrario de las agujas del reloj.

Por ello, siendo el máximo absoluto las coordenadas sonoras (0, 2.5 dB), descendemos hacia la izquierda formando constantemente arcos con respecto al punto de origen (0, 0 dB). Así llegaremos hasta el primer intersticio o punto de corte con el eje de abscisas (2.5 izda, 0 dB) para seguir descendiendo, pero esta vez hacia la derecha hasta alcanzar el mínimo absoluto (0, -2.5 dB). Después volveremos a ascender siguiendo la tendencia de la derecha hasta el intersticio de esta área o punto simétrico par del de la izquierda y también punto de corte con el eje de abscisas, el (2.5 dcha, 0 dB). Tras esto, seguiremos ascendiendo pero esta vez hacia la izquierda hasta volver al máximo absoluto o punto en el que iniciamos el recorrido de la circunferencia.

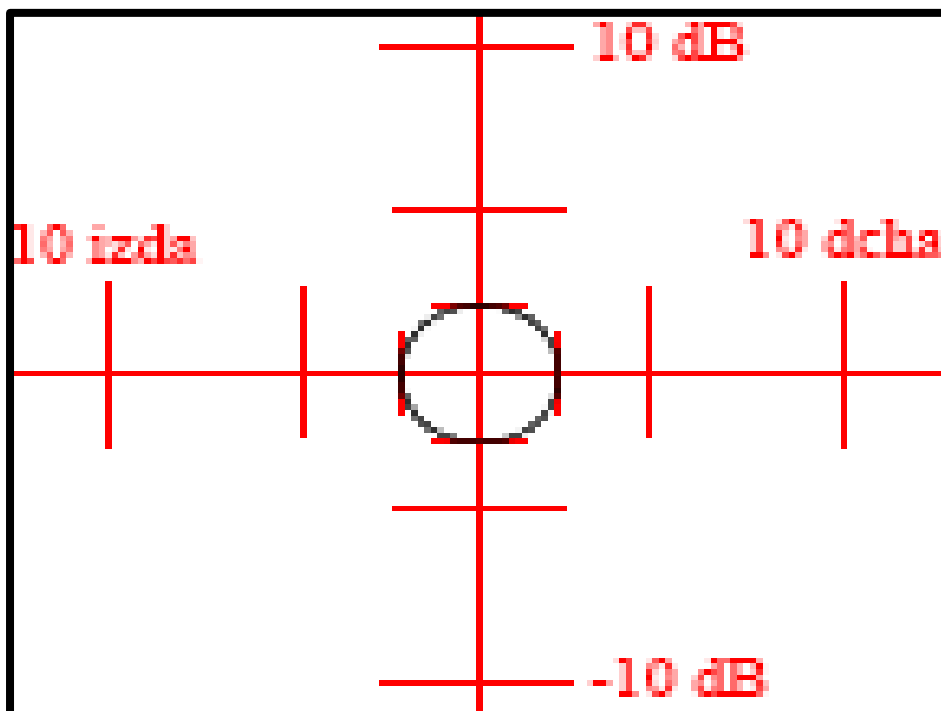


Figura 246. Figura de circunferencia en p. de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.5. OTROS SÍMBOLOS

4.07.2.5.1. “ARROBA (@)”



Figura 247. Diseño gráfico del símbolo de la @. Fuente: Cuadernillos Rubio

Como la “@” es en realidad una “a” envuelta en una espiral que la rodea, recordaremos la sonificación de la letra “a” y después añadiremos el trazo sonoro correspondiente de la espiral.

Para llevar a cabo la sonificación de la letra “a” comenzamos por el punto (1 dcha, 1.25 dB) y trazamos el sonido de forma ascendente pasando por el máximo (0, 2 dB) y siguiendo en arco descendente hasta el (2 izda, 0 dB) hasta el mínimo (0.25 izda, -2 dB) y subiendo, entonces, pasando por el (0, -1.9 dB) y por el (0.5 dcha, -1.25 dB) hasta llegar al punto inicial (1 dcha, 1.25 dB). Para terminar, partiendo de este último punto, descenderemos pasando otra vez por el (0, -1.9 dB) pero esta vez nos desplazaremos descendentemente hacia la derecha, en el siguiente (2 dcha, -2 dB). Desde ahí, ascenderemos hasta el (2.5 dcha, 0 dB).

Después de completar la letra “a”, procederemos a sonificar la espiral envolvente:

Partiendo del último punto (2.5 dcha, 0 dB) seguiremos ascendiendo ya sólo en ganancia hasta el (2.5 dcha, 1.25 dB) para seguir ascendiendo, trazando un arco hacia la izquierda por fuera de la letra hasta llegar al máximo absoluto (0, 2.5 dB). Tras esto, continuaremos descendiendo en arco continuando la tendencia hacia la izquierda y alcanzando el intersticio o punto de corte de corte con el eje de abcisas (2.5 dcha, 0 dB), donde seguiremos descendiendo, sólo en ganancia, hasta llegar al (2.5 dcha, -1.25 dB) donde seguiremos descendiendo, pero esta vez hacia la derecha hasta llegar al mínimo absoluto (0, -2.5 dB). Por último, volveremos a ascender, pero esta vez con la tendencia de panoramización hacia la derecha, para así, alcanzar el punto que termina de configurar el símbolo de la “@”, el (2.2 dcha, -2.2 dB).

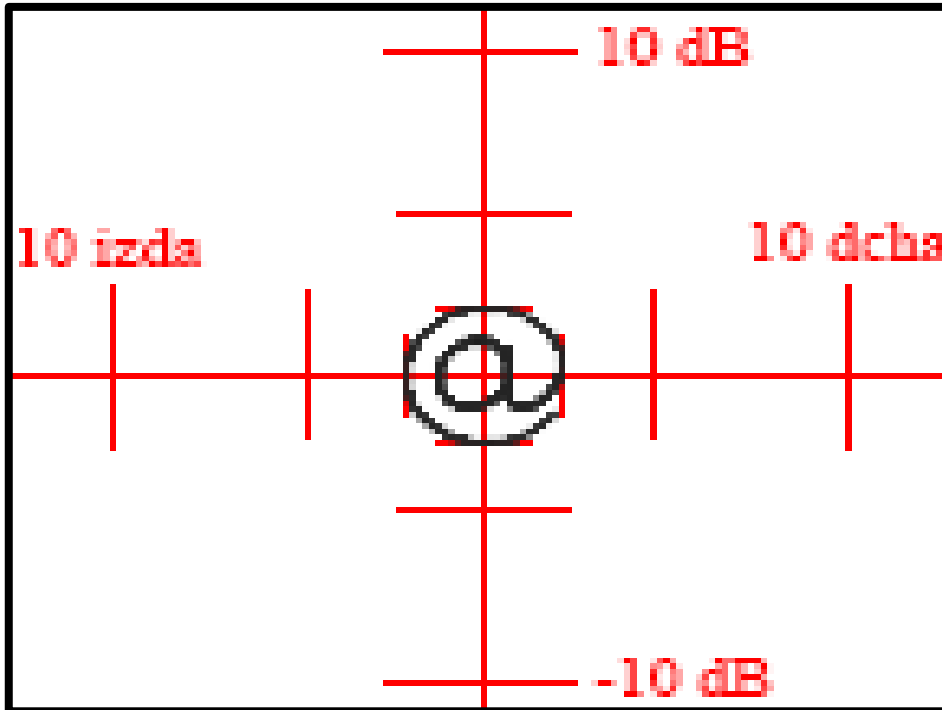


Figura 248. Símbolo de la @ en plantilla de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.5.2. “ESPIRAL”



Figura 249. Diseño gráfico del símbolo de la espiral. Fuente: Cuadernillos Rubio

Una de las figuras gráficas más complejas de sonificar. La espiral sonora parte del punto de origen para ir abriendo su recorrido, trazando envolventes circulares en progresión, paralelas a su centro. Veamos cómo sería el proceso de sonificación de la “espiral”.

Partiendo del centro (0, 0 dB) ascenderíamos en arco derecho hasta el (0.5 dcha, 0.5 dB) y seguiríamos aumentando la ganancia hasta el (0.5 dcha, 1.25 dB) donde volveríamos a desplazarnos, pero esta vez hacia la izquierda pasando por el primer máximo (0, 2.2 dB). Después nos desplazaríamos un poco más hacia la izquierda manteniendo la ganancia constante para descender desplazándonos hacia la izquierda pasando por el (2.2 izda, 0.25 dB) y el primer punto de corte con el eje de abscisas (2 dcha, 0 dB). Después seguiríamos descendiendo hacia la derecha hasta llegar al primer mínimo (0, -1.5 dB) y más adelante, ascender en arco hacia la derecha hasta llegar al segundo punto de corte con el eje de abscisas (2.2 dcha, 0 dB) para seguir desplazándonos a la derecha un poco más, hasta el (2.5 dcha, 1.25 dB). Después seguiríamos ascendiendo pero esta vez hacia la izquierda nuevamente pasando por el (1.9 dcha, 2.5 dB) y seguiríamos ascendiendo con la misma tendencia hasta llegar al segundo máximo (0, 3.75 dB). Una vez pasado el

segundo máximo, volveremos a descender hacia la izquierda llegando al tercer punto de corte con el eje de abscisas (4 izda, 0 dB) y seguiríamos descendiendo salvo que esta vez hacia la derecha para alcanzar el mínimo absoluto (0, -4 dB). Más adelante volveríamos a ascender hacia la derecha y pasando por el último punto de corte con el eje de abscisas (4.7 dcha, 0 dB) para continuar ascendiendo ligeramente hacia la derecha (5 dcha, 3 dB) para volver a ascender ya tímidamente hacia la izquierda, alcanzando el máximo absoluto y término de la figura, el (4.8 dcha, 4 dB).

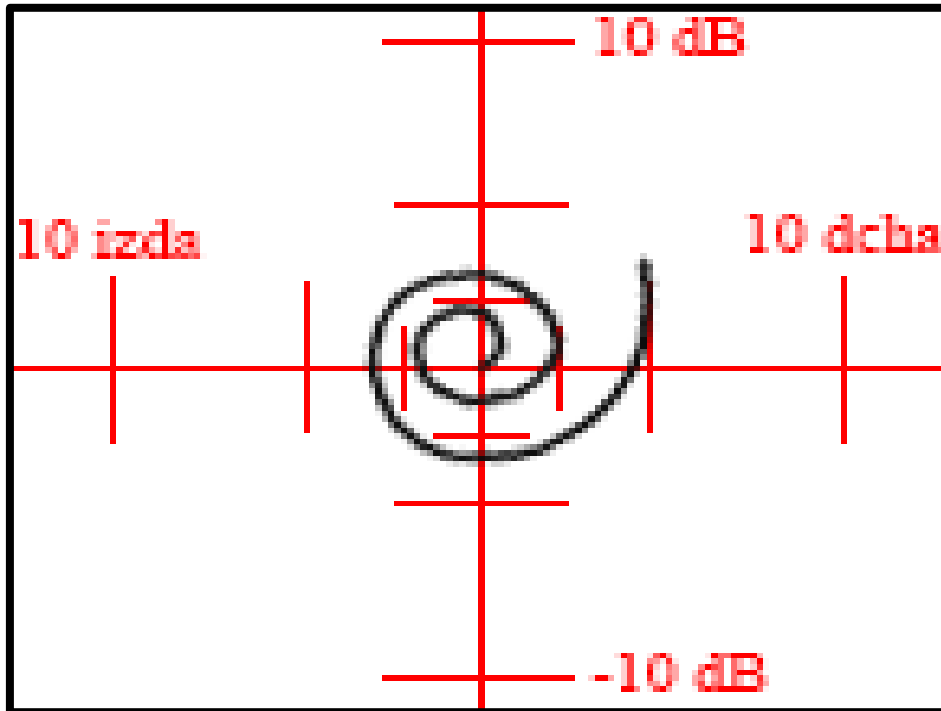


Figura 250. Símbolo de la espiral en p. de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

4.07.2.5.3. “ESTRELLA”



Figura 251. Diseño gráfico del símbolo de la estrella. Fuente: Cuadernillos Rubio

La última sonificación a partir de un proceso gráfico referente es la estrella. Como hemos estado viendo a lo largo de todos los subapartados, todos los patrones escriturales han sido tomados de los “Cuadernillos Rubio” debido a que son un gran referente para el aprendizaje grafológico de los niños y hemos querido seguir con esa línea para intentar seguir un estándar que funciona. Dicho esto, vamos a determinar la sonificación de una estrella, tomada a partir de uno de los cuadernillos.

Para sonificar una estrella según la forma predeterminada en los Cuadernillos Rubio, procederemos siguiendo el orden original, de derecha a izquierda o en sentido horario:

Partiendo del máximo (0, 1.9 dB) nos desplazaremos de forma ascendente hacia la izquierda hasta alcanzar el primer vértice de la figura (1.5 dcha, 2.2 dB). Después descenderemos sólo en ganancia hasta llegar al (1.5 dcha, 0.5 dB) para inmediatamente desplazarnos más hacia la derecha y alcanzar el siguientes vértice, localizado en el (2.2 dcha, 0 dB). Tras esto, nos desplazamos disminuyendo ganancia y hacia la izquierda para alcanzar el mínimo absoluto de la derecha o vértice siguiente de la figura (1.5 dcha, -2.2 dB). Seguidamente, ascendemos ligeramente a la izquierda hasta llegar al (0, -2 dB) donde desde ahí volveremos a descender hacia la izquierda y así, llegaremos al cuarto vértice de la figura (1.5 izda, -2.2 dB). Tras esto, ascenderemos abriendo el trazo ligeramente para después seguir ascendiendo con tendencia en la panoramización hacia la izquierda, llegando al quinto vértice (2.5 izda, 0.2 dB). A continuación seguimos con el trazo curvo ascendente que se desplaza hacia la derecha hasta llegar al último vértice, el (1.5 izda, 2.2 dB). Finalmente, desde este vértice nos desplazaremos ligeramente descendente hacia la derecha hasta volver al punto donde iniciamos el recorrido, el máximo (0, 1.9 dB).

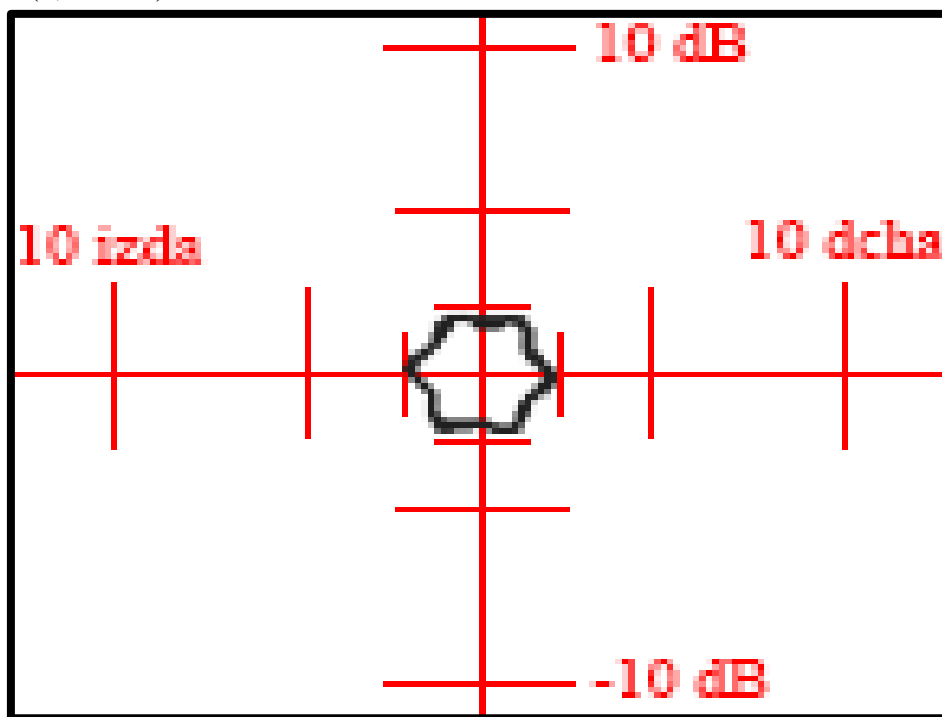


Figura 252. Símbolo de la estrella en p. de coordenadas cartesianas sonoras. Fuente: E. propia

Es importante entender que las sonificaciones que hemos realizado han sido para determinar la forma en que las figuras han de ser configuradas mediante sonido a la hora de ser escritas en esta dimensión; no obstante, si el contexto fuese no de escritura sino de lectura, tal y como ocurre cuando asimilamos un texto, las figuras ya habrían sido procesadas y aprendidas mentalmente a la hora de ser escritas y conocerse sus trazos y su forma de ser construidas, pero ya no aparecerían trazo por trazo, sino elaboradas. Por esta razón, una vez que se aprendan las figuras desde su inicio, su construcción y configuración sonora a partir de los trazos y su orden correspondiente, habrán de mostrarse en textos sonoros construidos y finalizados y el escuchante deberá reconocerlas por los trazos que previamente aprendió a realizar e identificar grafológicamente.

Por último, tal y como veremos más adelante a la hora de ordenar elementos o figuras en un plano, cada uno de ellos, aunque en esencia contengan esta serie de pautas o directrices sonoras en cuanto a trazos, verán ajustado su ganancia y panoramización final, dependiendo del área que ocupen en el plano.

4.08. ANÁLISIS DE LOS EFECTOS ÓPTICOS Y SONOROS

Por ejemplo; siguiendo el esquema de traducción espacial anterior; viendo la bóveda celeste podemos encontrar diferentes luminarias distribuidos por el cielo nocturno; no obstante, ópticamente hablando, una estrella que se encuentra a mucha distancia podría brillar para nosotros de la misma forma que un planeta de nuestro Sistema Solar como Júpiter, que se encuentra mucho más cerca. Es por ello que visualmente existe un *metamerismo*, ya que para nuestros ojos ambos cuerpos estelares parecen similares en proporción e intensidad y en realidad no lo son. Esto en su traducción a sonido también podría llegar a ocurrir, debido a que la traducción que estamos realizando de luz a sonido conlleva la adaptación de una percepción que tiene sus propios límites. No obstante, el sonido podría completar el *metamerismo óptico*, y la luz, el *metamerismo sonoro*.

Veamos, pues, cuáles son los casos de *metamerismo óptico* y cuáles *sonoros*.

1. *Metamerismo Óptico*: la mezcla de dos emisiones asociadas a un determinado espectro (franja cromática del espectro visible de la luz) nos producen la sensación de estar percibiendo un tercero único por naturaleza (la mezcla de ambos), cuando esto es, en verdad, generado por la traducción que realiza nuestro cerebro ante las dos fuentes de emisión y las interpreta como una única y misma.

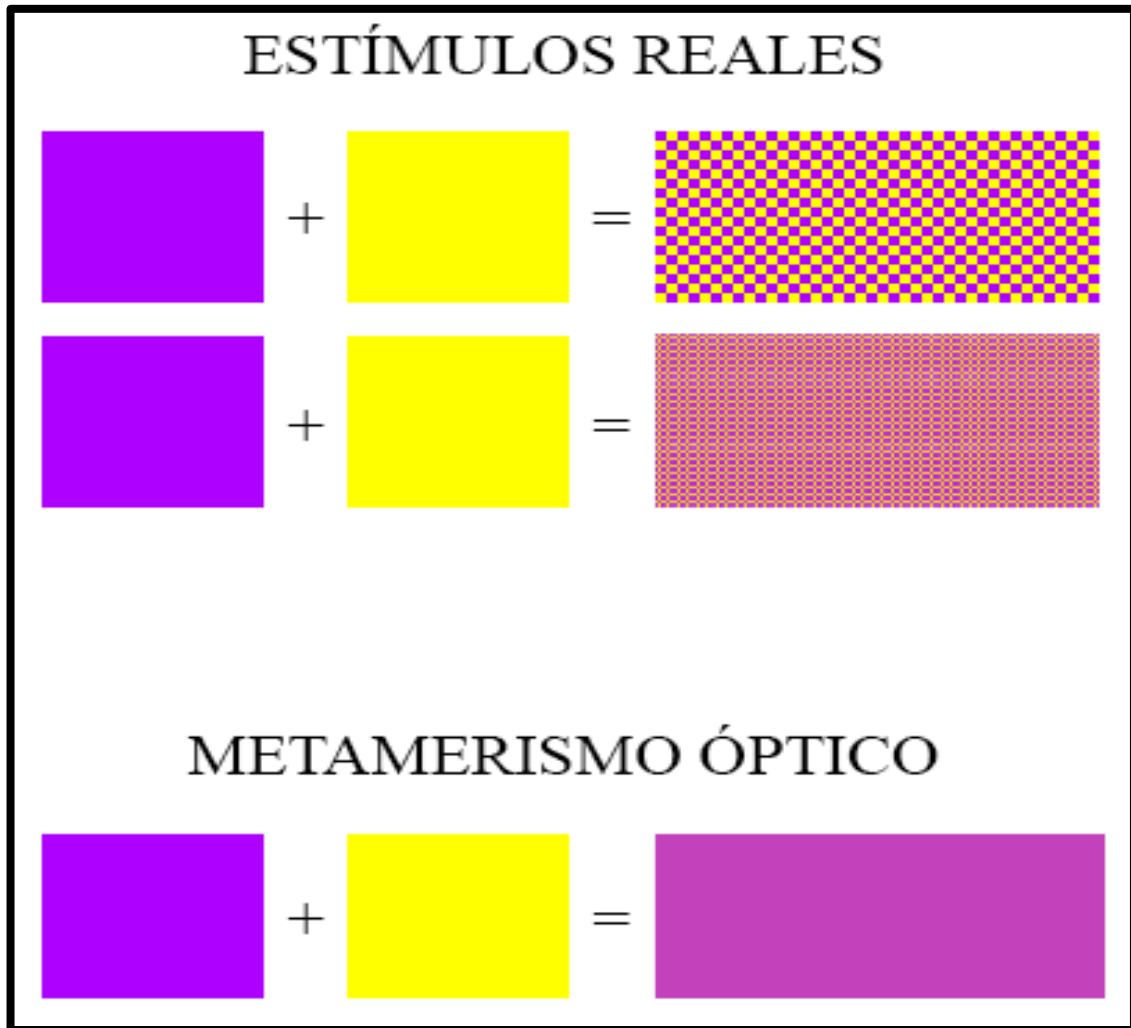


Figura 253. Estímulos reales y metamerismo óptico. Fuente: E. propia

2. *Metamerismo Sonoro*: las diferentes ubicaciones de cada figura dentro de un mismo plano en cuanto a capa o dimensión que ocupa, así como su tamaño, influyen a la hora de percibir cada elemento según su intensidad, ganancia, volumen o número de dB de emisión. Por ejemplo, una figura pequeña situada en una capa superior podría sonar en misma intensidad que otra que se halla en una dimensión más inferior y con un tamaño mayor. Esto se produce debido a que al recibir señales de intensidad parecidas, el cerebro interpreta ambas como mismas en cuanto a ganancia, lo que podría suponer un ilusión, produciendo en el escuchante la sensación de estar percibiendo dos figuras semejantes en su relación al tamaño o a la capa que ocupan.

A continuación se muestra el ejemplo de un ‘*metamerismo sonoro*’ provocado en la ganancia o intensidad de la señal.

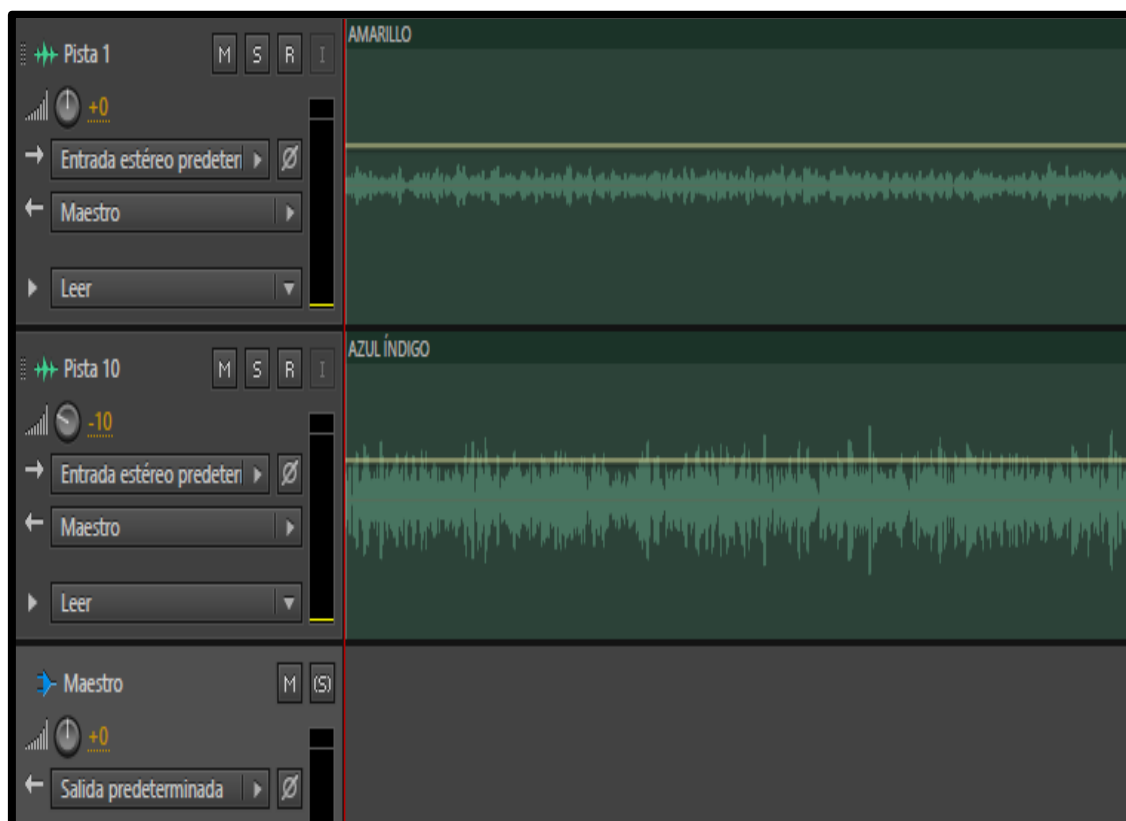


Figura 254. Metamerismo sonoro de los colores. Fuente: E. propia

Como podemos observar en este extracto sonoro multipista, existen dos pistas o dimensiones / capas de realidad en el que el primer plano lo ocuparía el color amarillo, mientras que el décimo plano sería para el color azul índigo. Si observamos dentro de cada uno de los audios, podemos comprobar cómo el sonido o línea que conforma la tímbrica del color amarillo es más estrecha que la propia del color azul. Esto es debido a que, la línea o hilo que conforma el sonido del color amarillo está rebajado o reducido a -10 dB mientras que la del azul se mantiene en 0 dB. Ahora, si observamos la ganancia final que ocupa cada color, podemos observar que el amarillo ocupa el primer plano o los 0 dB en el formato que ocupa, mientras que el azul, ocupa el décimo, con una ganancia de -10 dB. Es decir; ambos, debido a los cambios a los que se han visto afectados han dado lugar a la falsa ilusión en la salida del canal maestro de tener la misma presencia en el audio. A pesar de tener diferencias en volumen tan notables, cada cambio es equiparable al otro en el resultado final, creando un *'metamerismo sonoro'*.

Expuesto de forma visual el caso sonoro anterior, el resultado sería el siguiente:

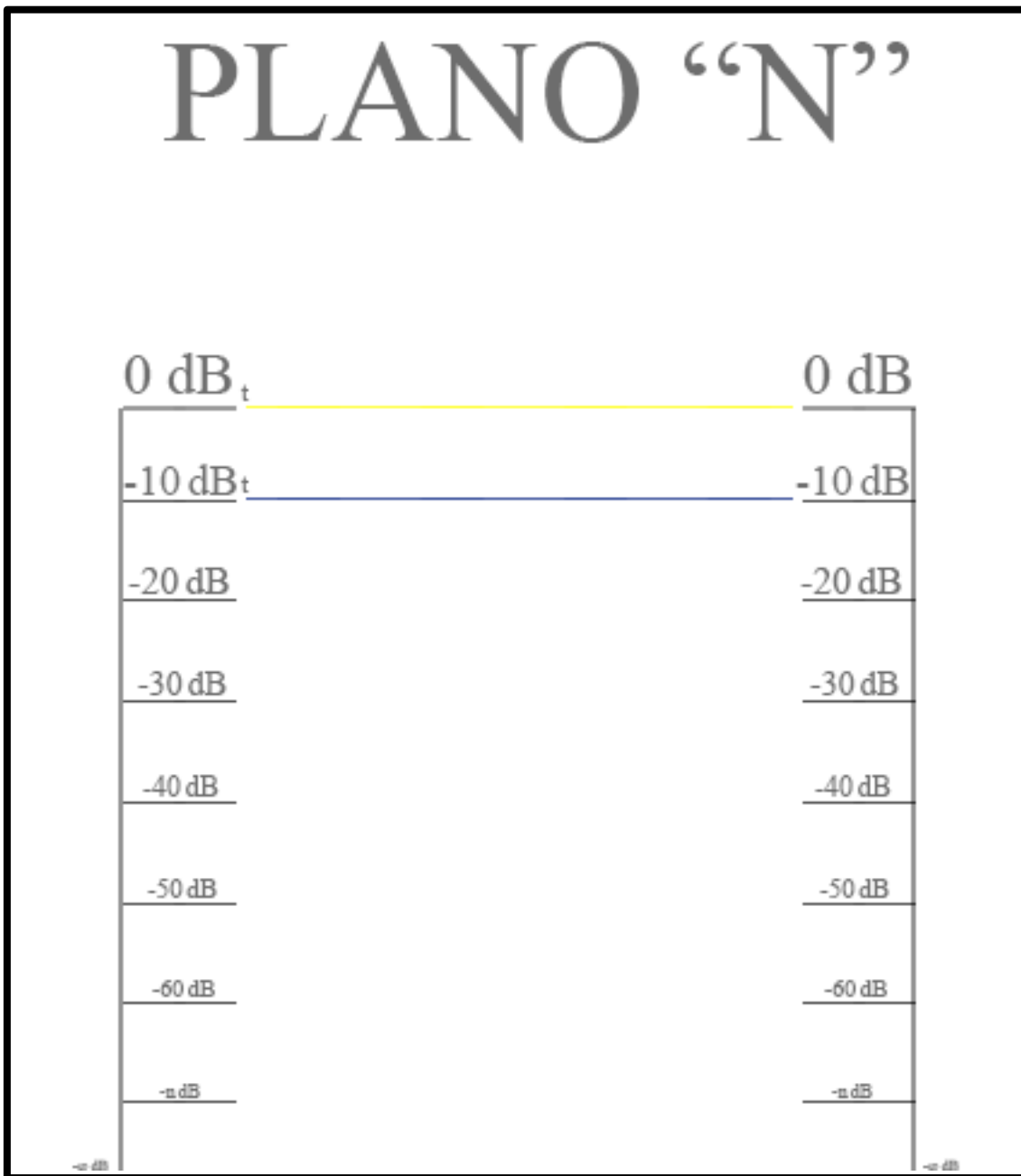


Figura 255. Representación gráfica del metamerismo sonoro. Fuente: E. propia

En el gráfico que acabamos de mostrar podemos observar cómo se hallan dibujadas de forma más descolorida o “imaginaria” las líneas, capas o dimensiones en forma de ganancia, partiendo del primer plano (0 dB) hasta llegar al infinito negativo. Se entiende que por encima del primer plano se encuentran otros como los primerísimos primeros planos (+1 dB) o las consiguientes saturaciones de señal o planos cada vez más cerrados hasta el infinito positivo (si utilizamos la metáfora aplicada a la imagen). El infinito positivo sería lo que a plano, consistiría en enfocar y hacer un zoom máximo hacia la cara de una persona, con el consiguiente desenfoco o pérdida de detalle que esto supondría. Esto mismo ocurriría sonoramente. También podemos observar la letra *t*, que hace referencia al tiempo o los límites de existencia de los espectros, ya sean sonoros o

visuales. Efectivamente solemos utilizar para cualquier representación gráfica un fondo blanco, pero este fondo a no ser que lo utilicemos manifiestamente, en realidad es un fondo ficticio (véase los archivos de imagen *png*. que se suelen utilizar para la realización de rótulos y diseños). Esto mismo ocurriría con el sonido, ya que, podemos elegir ex profeso un fondo blanco si se quisiera, pero casi siempre, en la mayoría de casos, los límites de las figuras estarán comprendidas por ellas mismas y por su tiempo de emisión.

También existiría un problema para esta parte y es que si se empieza más a la izquierda en el párrafo que lo expuesto en el gráfico anterior, habría que hacer que el propio elemento mostrase una panoramización muy evidente dentro de la señal que ocupa este canal. En cualquier caso, para cualquiera de los casos expuestos, el tiempo es el que es y éste condiciona la longitud de la figura. El tiempo es, pues, al sonido, lo mismo que el espacio es con la luz. Esto es, el tiempo en sonido condiciona no sólo la sensación de duración, sino también de longitud o espacio que ocupa; el espacio en luz no sólo representa el espacio que ocupa, sino el tiempo de su existencia.

4.09. ANÁLISIS. DISTINTOS TIPOS DE LUZ Y SU REPRESENTACIÓN VISIBLE Y SONORA

Por último, según enunciábamos en el “subapartado 3”, el concepto de luz tal y como la conocemos comprende sólo el espectro visible, un apartado muy concreto de un espectro electromagnético total que, aunque se manifieste en estados diferentes, también es luz. Esto es, que nuestros ojos sólo perciban una ligera parte del espectro electromagnético no quiere decir que el resto forme parte de la obscuridad, ya que, esto sólo sería así si dejase de existir señal lumínica en un momento determinado. Es por esto que los espectros tanto por debajo como por encima del visible de la luz no dejan de ser lo que son en sí mismos, “luz”.

El concepto de luz no es otro que el de una fuente de ondas electromagnéticas que esté conformada por fotones, independientemente de su longitud o frecuencia de onda. Es decir; en contra de lo que nuestra comprensión tradicional nos hace creer, no sólo es luz un foco de luz visible blanca, además, un foco de ondas de radio, microondas, infrarrojas, ultravioletas, x, gamma y cósmicas (sólo fuentes de radiación que estén formados por cuantos de fotones). La única diferencia entre todas estas fuentes de luz es su energía. Siendo los rayos cósmicos los más energéticos y las ondas de radio las más tenues. Es por ello, que, probablemente, todas las fuentes de luz se comporten de la misma forma en cuanto al fenómeno observable por el ojo humano según la adaptación que éste hubiese llevado a cabo. Por último, es importante considerar que existe una diferencia, entonces, entre el concepto de “negro” y el de “obscuridad”, ya que, “el negro” es un concepto que ha creado el ser humano para nombrar el fenómeno visual producido en el ojo al no ser capaz de registrar ningún tipo de actividad relacionada con la luz visible; mientras que, si, aparte de no registrar el ojo la luz visible, no existe ningún otro tipo de fuente de energía o de radiación electromagnética en ese punto en concreto, es entonces cuando hablaríamos de “obscuridad”.

Todo ello se explica debido a que si el ojo no se hubiese adaptado para percibir radiaciones entre 400 y 800 nm sino de otra longitud de onda ya sea mayor o menor, se cree que la sensación de los colores sería la misma. Esto es, todos los tipos de radiación electromagnética poseen dispersión por ser en sí mismas: luz. Es decir, si fuésemos capaces de percibir el arcoíris en infrarrojos, en ultravioletas, en radio o en x, también percibiríamos una gama de colores muy parecida a la que percibimos sólo al ver la luz blanca diseminada en diferentes longitudes y frecuencias de onda al dispersarse sobre un prisma óptico o con las gotas de lluvia. Esto es, porque los colores son sólo ilusiones o traducciones que el ojo ha llevado a cabo durante todos sus años de adaptación para relacionarse con el medio, es por ello, que si se hubiese adaptado a otras coordenadas espectrales hubiese percibido una sensación cromática muy similar a la que de hecho percibimos, sólo que con otras fuentes de luz más o menos energéticas a las que respondemos en la actualidad. Esto, en relación con el apartado musical que ya comentamos y en el que hacíamos un adelanto de lo que aquí exponemos, tomaría las escalas o las distintas octavas como espectros distintos de la luz, formas diferentes de energía en las que se manifiesta la luz dependiendo de la cantidad de potencia que ésta contenga. En sonido, por ejemplo, las octavas más altas o escalas musicales en las que las notas musicales contienen grandes valores de frecuencia de energía nos producen un sonido más agudo, siendo todo lo contrario en escalas más bajas. En cualquier caso, tanto los sonidos altos como los bajos siguen siendo sonidos, de igual forma que las tonalidades azules o rojas con la luz. Se cree, entonces, que traducido en luz, los rayos más energéticos comprenden una intensidad mucho mayor que en espectros como pueden ser el infrarrojo o el microondas. Es por ello, que si pudiésemos ver estos espectros fuera del espectro visible, veríamos cómo la luz se atenuaría cuanto más alto es el valor de la longitud de onda y cómo se incrementaría según la cantidad de frecuencia de onda aumentara. A continuación mostramos unas imágenes que se corresponderían a lo que se cree si se percibiesen los distintos rayos de energía vistos como fuente de luz única, y después, como fuente en dispersión, en concordancia con los colores del arcoíris.



Figura 256. Tipos de luz, incluyendo los invisibles para nuestros ojos. Fuente: E. propia

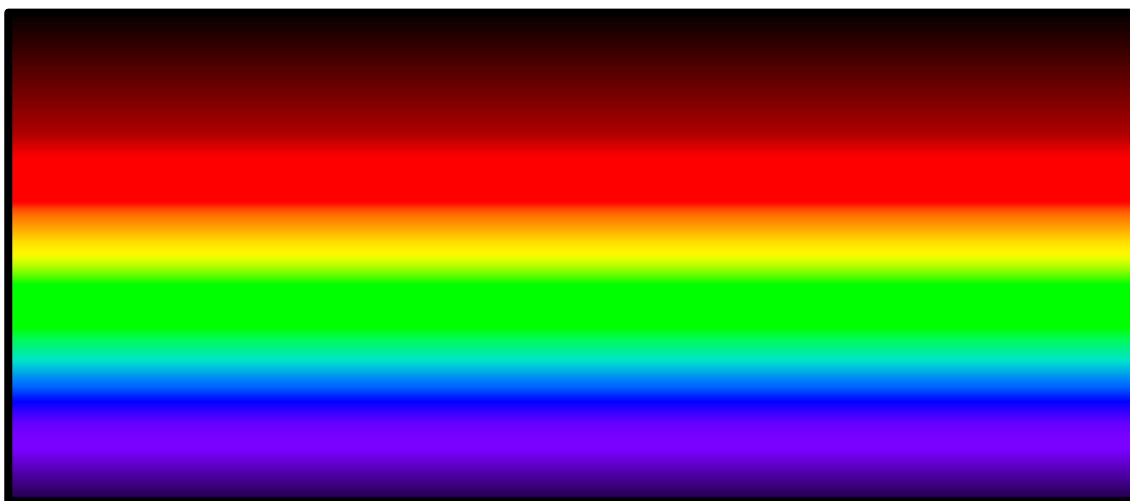


Figura 257. Espectro visible de la luz descompuesto en c. cromáticas. Fuente: E. propia

Como podemos comprobar en las imágenes anteriores, en esta adaptación que hemos realizado lo que varía es la intensidad de la señal de la luz o de la exposición. Para realizar esta traducción visual hemos tomado en cuenta el 0 para la luz visible y por cada cambio de luz 2 pasos, tal y como se haría en fotografía profesional para subexponer o sobreexponer. En la primera imagen de las distintas fuentes de luz aparecerían distintos haces de la luz adaptados a lo que serían ondas de radio (-6 pasos), microondas (-4 pasos), infrarrojos (-2 pasos), visible (0 pasos), ultravioleta (+2 pasos), rayos x (+4 pasos), gamma (+6 pasos) y cósmicos (+8 pasos). Traducido a descomposición en bandas o colores del arcoíris, podríamos observar cómo las diferentes líneas o tonalidades se irían

saturando al alejarse de los infrarrojos hasta conseguir su máxima definición en luz visible, y empezando a perder detalles a medida que siguiera incrementando la energía de la luz hasta desenfocar y palidecer totalmente las líneas o bandas espectrales. Sus detalles se irán perdiendo a causa de la intensidad de la luz, a medida que vamos aumentando la frecuencia.

4.1. ANÁLISIS. SONIFICACIÓN DE CUERPOS CELESTES BRILLANTES: ESTRELLAS

Para sonificar el fulgor estelar de las estrellas, previamente ha sido necesario transformar a sonido la experiencia de la luz visible, para ello, hemos hecho una revisión a una tabla facilitada por el autor David F. Gray en su libro *The Observation & Analysis of Stellar Photospheres* en la que aparecen las Líneas de Fraunhofer en profundidad, así como el elemento que las causa debido al fenómeno de absorción. Después, dadas las coordenadas lumínicas en las que aparecen bandas negras o huecos dentro del haz de luz hemos convertido éstas, proporcionadas en “angstrom”, en “nanómetros” para así determinar su frecuencia en TeraHertz.

Table E1. Strong solar lines.

λ	Element	$W(\text{\AA})$	Name	λ	Element	$W(\text{\AA})$	Name
3581.21	Fe I	2.14	N	4920.51	Fe I	0.43	
3719.95	Fe I	1.66		4957.61	Fe I	0.45	
3734.87	Fe I	3.03	M	5167.33	Mg I	0.65	b ₁
3749.50	Fe I	1.91		5172.70	Mg I	1.26	b ₂
3758.24	Fe I	1.65		5183.62	Mg I	1.58	b ₁
3770.63	H ₁₁	1.86		5232.95	Fe I	0.35	
3797.90	H ₁₀	3.46		5269.55	Fe I	0.41	
3820.44	Fe I	1.71	L	5324.19	Fe I	0.32	
3825.89	Fe I	1.52		5238.05	Fe I	0.38	
3832.31	Mg I	1.68		5528.42	Mg I	0.29	
3835.39	H ₉	2.36		5889.97	Na I	0.63	D ₂
3838.30	Mg I	1.92		5895.94	Na I	0.56	D ₁
3859.92	Fe I	1.55		6122.23	Ca I	0.22	
3889.05	H ₈	2.35		6162.18	Ca I	0.22	
3933.68	Ca II	20.25	K	6562.81	H _{α}	4.02	C
3968.49	Ca II	15.47	H	6867.19	O ₂	tell	B
4045.82	Fe I	1.17		7593.70	O ₂	tell	A
4101.75	H ₆	3.13	h	8194.84	Na I	0.30	
4226.74	Ca I	1.48	g	8498.06	Ca II	1.46	
4310 ± 10	—	—	G	8542.14	Ca II	3.67	
4340.48	H ₇	2.86		8662.17	Ca II	2.60	
4383.56	Fe I	1.01		8688.64	Fe I	0.27	
4861.34	H ₃	3.68		8736.04	Mg I	0.29	
4891.50	Fe I	0.31					

Handwritten annotations on the table: VIOLET (left margin), BLUE (left margin), CIAN (left margin), CIAN (top right), GREEN (middle right), YELLOW (middle right), RED ORANGE (bottom right).

Figura 258. Líneas de Fraunhofer o bandas en la luz del Sol. Fuente: David F. Gray

Recordemos que el Sol emite eminentemente espectros asociados a la luz ultravioleta, visible e infrarroja.

Una vez determinadas las líneas, las transformaremos a TeraHertz a través del proceso que enunciábamos a la hora de obtener las coordenadas cromáticas dentro del espectro visible en su traducción a sonido. De esta forma, esas coordenadas o líneas de Fraunhofer serán localizadas dentro del espectro sonoro.

Aplicamos un filtro que absorba esos puntos cromáticos sonoros dentro de nuestra fuente de ruido blanco, la muestra original, para traducir el fenómeno de las Líneas de Fraunhofer acústicamente.

Es preciso mencionar que las coordenadas cromáticas o líneas de Fraunhofer asociadas al oxígeno terrestre no se tuvieron muy en cuenta, debido a que esto es causado por la atmósfera terrestre, que actúa como filtro y configura nuestra realidad, no por la fuente original: el Sol.

Habiendo tenido esto en cuenta, ya contamos con la muestra primordial de la que obtener el resto de emisiones de luz, ya que, toda muestra espectroscópica toma de referencia las bandas espectrales de nuestra estrella y las compara con las de las demás. Por así decirlo, las bandas de emisión de cada estrella son el ADN de las mismas ya que nos indican de qué elementos se componen.

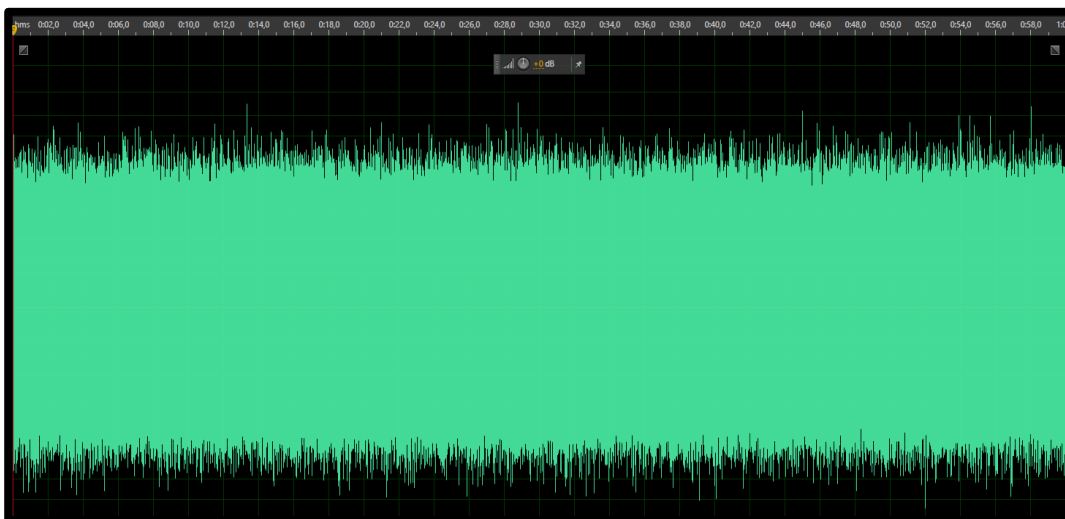


Figura 259. Representación gráfica del espectro acústico del ruido blanco. Fuente: E. propia

A continuación mostramos las líneas de Fraunhofer traducidas a coordenadas sonoras.

ULTRAVIOLETA.....	
358.121 nm.....	950 Hz
371.995 nm.....	915 Hz
373.487 nm.....	911 Hz
374.950 nm.....	908 Hz
375.824 nm.....	905 Hz
377.063 nm.....	902 Hz
VIOLETA.....	
382.044 nm.....	889 Hz
382.589 nm.....	888 Hz
383.231 nm.....	887 Hz
383.231 nm.....	887 Hz
383.539 nm.....	882 Hz
383.830 nm.....	875 Hz
385.992 nm.....	865 Hz
388.905 nm.....	857 Hz
393.368 nm.....	841 Hz
396.849 nm.....	830 Hz
404.582 nm.....	805 Hz
410.175 nm.....	791 Hz
422.674 nm.....	791 Hz
430 nm.....	791 Hz
430.1 nm.....	791 Hz
430.6 nm.....	790 Hz
430.7 nm.....	790 Hz
430.8 nm.....	789 Hz
430.9 nm.....	789 Hz
431 nm.....	789 Hz
431.1 nm.....	789 Hz
431.2 nm.....	789 Hz
431.3 nm.....	789 Hz
431.4 nm.....	788 Hz
431.5 nm.....	788 Hz
431.6 nm.....	788 Hz
431.7 nm.....	788 Hz
431.8 nm.....	788 Hz

AZUL	
CIAN	
486.134 nm.....	700 Hz
489.150 nm.....	696 Hz
492.051 nm.....	692 Hz
495.761 nm.....	686 Hz
VERDE	
516.733 nm.....	659 Hz
517.270 nm.....	658 Hz
518.362 nm.....	656 Hz
523.295 nm.....	650 Hz
526.955 nm.....	646 Hz
532.419 nm.....	639 Hz
523.805 nm.....	650 Hz
552.842 nm.....	615 Hz
AMARILLO	
NARANJA	
588.997 nm.....	578 Hz
589.594 nm.....	577 Hz
612.223 nm.....	556 Hz
616.218 nm.....	552 Hz
ROJO	
656.281 nm.....	518 Hz
686.719 nm.....	496 Hz
INFRAROJO	
759.370 nm.....	448 Hz
819.484 nm.....	415 Hz
849.806 nm.....	400 Hz
854.214 nm.....	398 Hz
866.217 nm.....	393 Hz
868.864 nm.....	392 Hz
873.604 nm.....	390 Hz

Figura 260. Comparativa bandas en luz (nanómetros y frecuencias sonoras). Fuente: E. propia

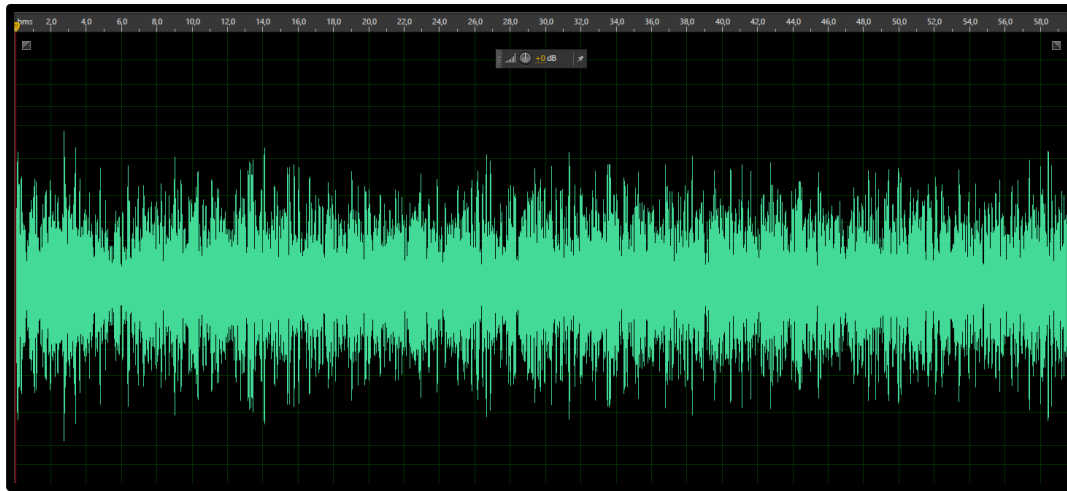


Figura 261. Representación gráfica del espectro acústico del color blanco sonoro. Fuente: E. propia

Después de obtener nuestro ejemplo de luz blanca sonora, tenemos que proceder a seguir suprimiendo líneas debido a la composición estelar de cada estrella, o las bandas espectrales que difieren según el tipo al que correspondan dentro de la ‘*secuencia principal*’.

Las estrellas se pueden agrupar en diferentes conjuntos por sus características en cuanto a tamaño, masa y temperatura; no obstante, existen algunas que sobresalen de este conjunto genérico por cualquiera de las variables que comentábamos. Por esta razón, sólo vamos a exponer las que componen la ‘*secuencia principal*’.

Dentro de esta *secuencia principal* existen distintos tipos de estrellas catalogados con letras. Parten desde las estrellas más azules u *O*, hasta las más rojas o *M*.

4.1.1. ESTRELLAS O

Las estrellas O son las más azules que existen en el cosmos debido a que su emisión de luz suele estar comprendida en la zona de los violetas.

1 The O Stars							
Star	Sp _{MKK}	Sp _{HHP}	α	δ	<i>m</i>	HD	Notes
ζ Pup	O5	...	08:00	-39°43'	2.3	Od	
9 Sgr	O5	O5	17:57	-24 22	5.9	Oe5	1
λ Cep	O6	O6	22:08	+58 55	5.2	Od	
HD 5005	O6	...	00:47	+56 05	7.7	B2	1
θ^1 Ori C	O6	O7	05:30	-05 27	5.4	Oe5	2
HD 165052	O7	O6	17:50	-24 24	6.8	Oe5	1
S Mon	O7	O7	06:35	+09 59	4.7	Oe5	
ξ Per	O7	...	03:52	+35 30	4.1	Oe5	
λ Ori A	O8	O8	05:29	+09 52	3.7	Oe5	
ι Ori	O9 V	O9	05:30	-05 59	2.9	Oe5	3
10 Lac	O9 V	O9	22:34	+38 32	4.9	Oe5	3
HD 188209	O9 I	...	19:49	+46 47	5.5	B0	4
HD 218915	O9 I	...	23:06	+52 31	7.1	B0	4

¹No emission lines visible on low-dispersion spectrograms. He II 4686 is much stronger than λ 4650.
²The H lines are abnormally broad in comparison to other absorption lines.
³Main-sequence star. Luminosity differences at O9 are shown by the following ratios: λ 4068: λ 4089, λ 4387: λ 4541, and λ 4650: λ 4686.
⁴O-type supergiants.

Figura 262. Tabla con tipos de estrellas O. Fuente: W. W. Morgan, P. C. Keenan y E. Kellman

Las principales bandas de absorción de este tipo de estrellas son, en angstrom y en su correspondencia a THz:

He ii λ 4686.....	726 Hz
λ 4650.....	732 Hz
λ 4068	836 Hz
λ 4089.....	832 Hz
λ 4387.....	776 Hz
λ 4541.....	749 Hz
λ 4650.....	732 Hz
λ 4686.....	726 Hz
He i λ 4471.....	761 Hz
He ii λ 4541.....	749 Hz

Figura 263. Bandas de estrellas tipo O y su correspondencia en frecuencias sonoras. Fuente: E. propia

Aparte, tal y como hemos explicado más arriba, la gráfica espectral de este tipo de estrellas está orientada entorno a los azules y violetas del espectro visible, por lo que a la hora de sonificar su fulgor, habrá que tener en cuenta esta envolvente:

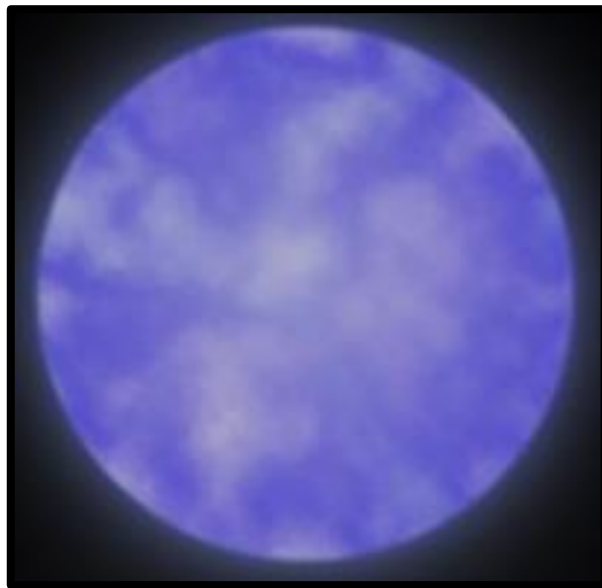


Figura 264. Estrellas tipo O. Fuente: Elaboración propia de original

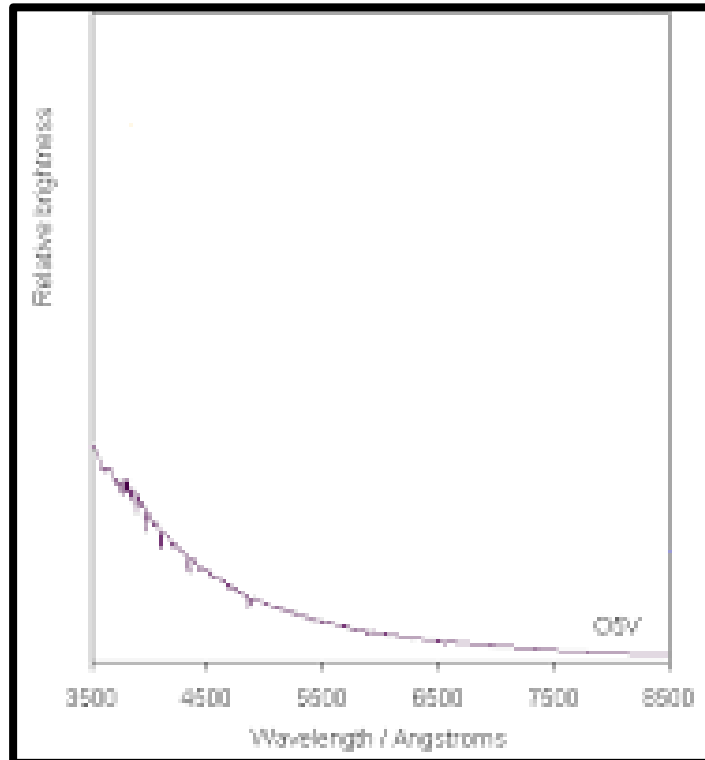


Figura 265. Gráfica espectral de Estrellas tipo O. Fuente: Elaboración propia a partir de original

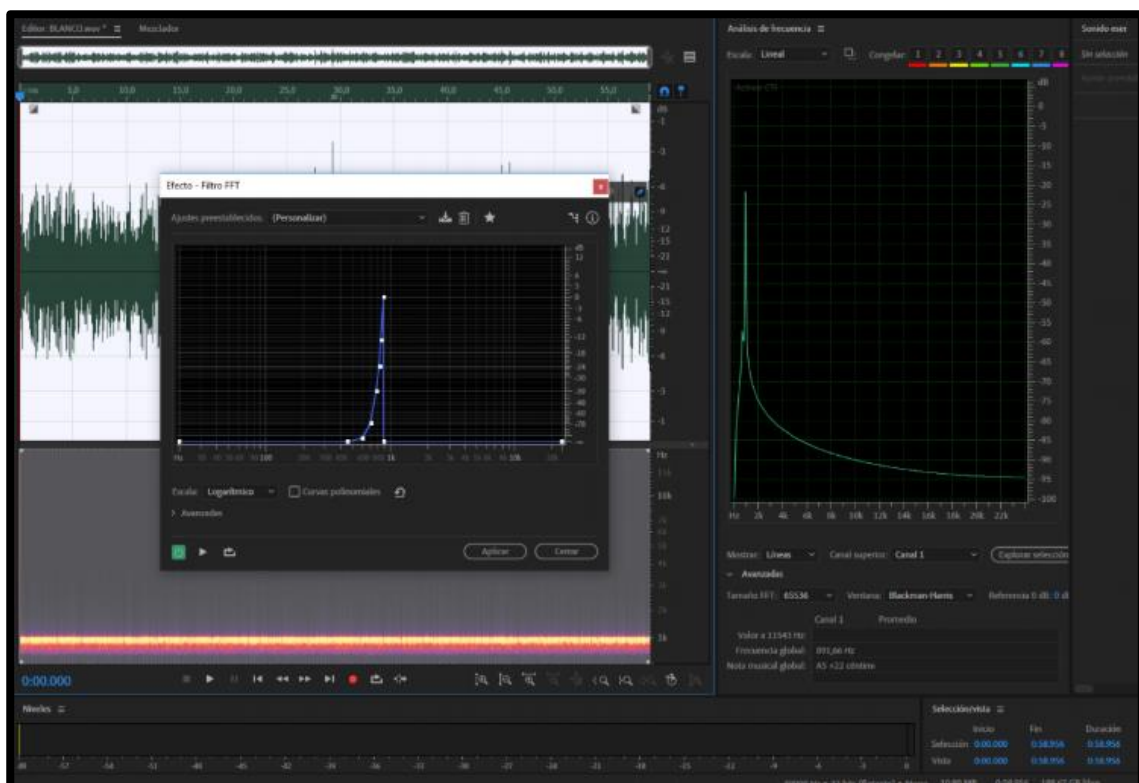


Figura 266. Filtro para seleccionar emisión espectral sonora de las estrellas O. Fuente: Elaboración propia

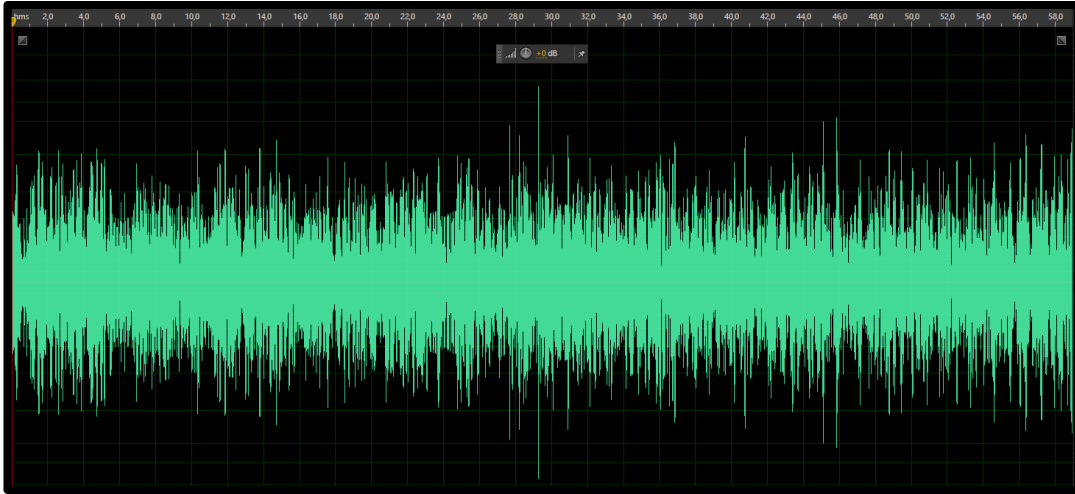


Figura 267. Gráfica espectral sonora de las estrellas O. Fuente: Elaboración propia

4.1.2. ESTRELLAS B

Las estrellas tipo B siguen siendo azules, pero no tan violetas, pues, su emisión ya no se ubica tan al extremo del espectro visible, en la zona de las altas frecuencias, sino, que, también localiza emisiones, aunque en menor medida, en los azules de los índigos más próximos a la del cian.

Star	MKK	α	δ	m	HD
δ Per	B5 III	03:35	+47°28'	3.1	B5
η CMa	B5 I	07:20	-29 06	2.4	B5p
κ Hya	B5 V	09:35	-13 53	5.0	B3
τ Her	B5 IV	16:16	+46 33	3.9	B5
67 Oph	B5 I-II	17:55	+02 56	3.9	B5p

Table 8: Standards at B5

Figura 268. Tabla con tipos de estrellas B. Fuente: W. W. Morgan, P. C. Keenan y E. Kellman

Las principales bandas de absorción de este tipo de estrellas son los siguientes:

λ 4640–4650.....	733-732 Hz
Si iii λ 4552.....	748 Hz
Si iv λ 4089.....	832 Hz
λ 3995.....	852 Hz
λ 4009.....	849 Hz
λ 4119.....	826 Hz
λ 4144.....	821 Hz
λ 4349.....	782 Hz
λ 4387.....	776 Hz
λ 4416.....	771 Hz
λ 4387.....	776 Hz
λ 4128–4130.....	824-824 Hz
He i λ 4144.....	821 Hz

Figura 269. Bandas de estrellas tipo B y su correspondencia en frecuencias sonoras. Fuente: E. propia

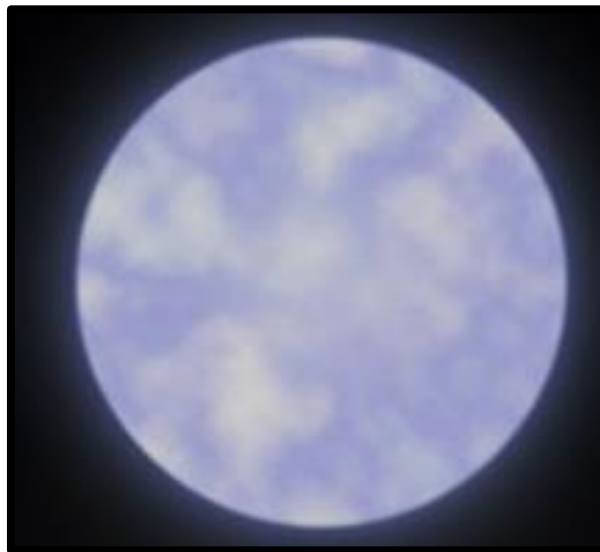


Figura 270. Estrellas tipo B. Fuente: Elaboración propia de original

La gráfica espectral de este tipo de estrellas es la siguiente:

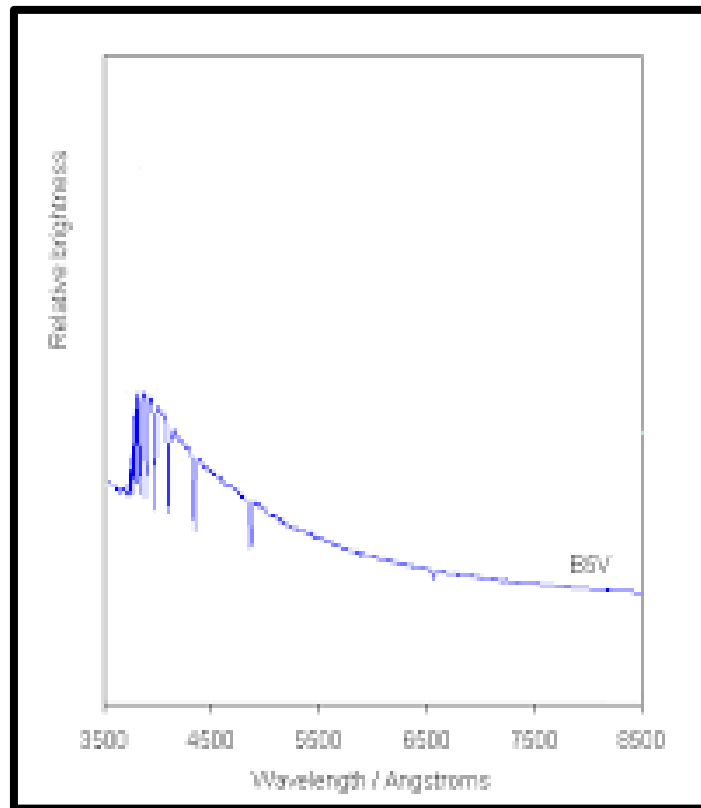


Figura 271. Gráfica espectral de Estrellas tipo B. Fuente: Elaboración propia a partir de original

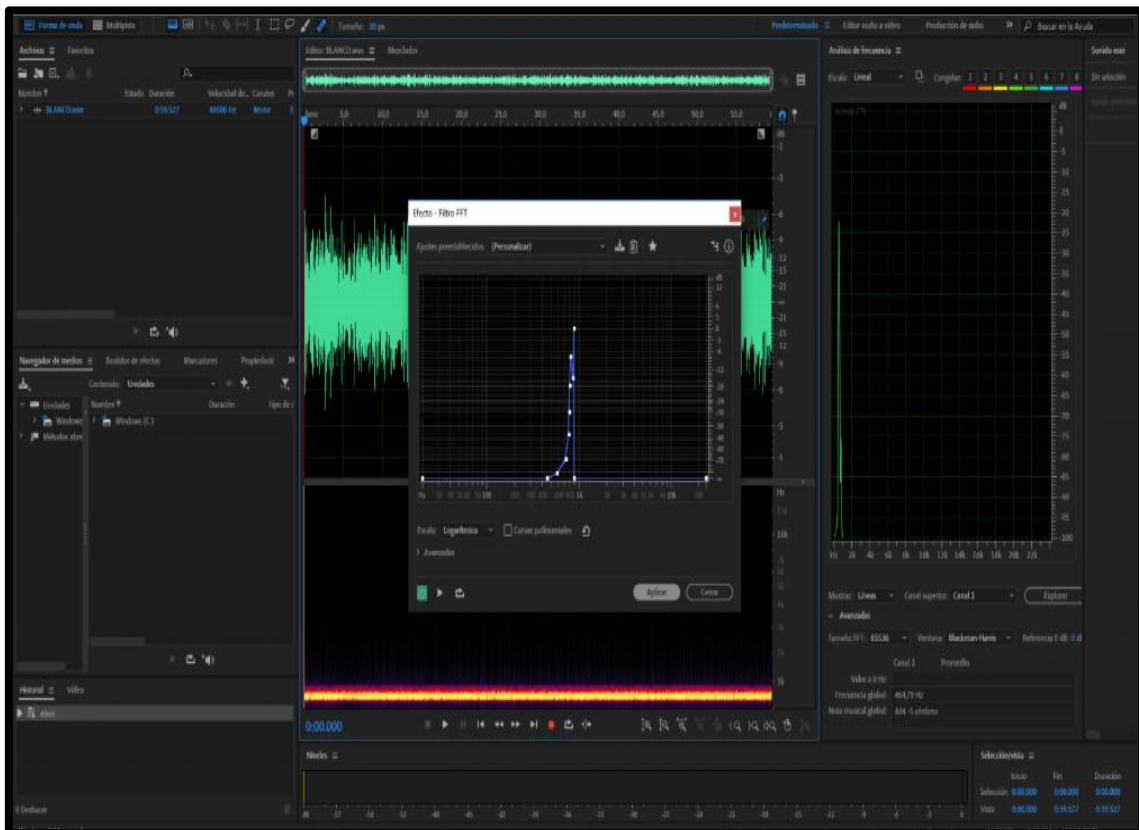


Figura 272. Filtro para seleccionar emisión espectral sonora de las estrellas B. Fuente: Elaboración propia

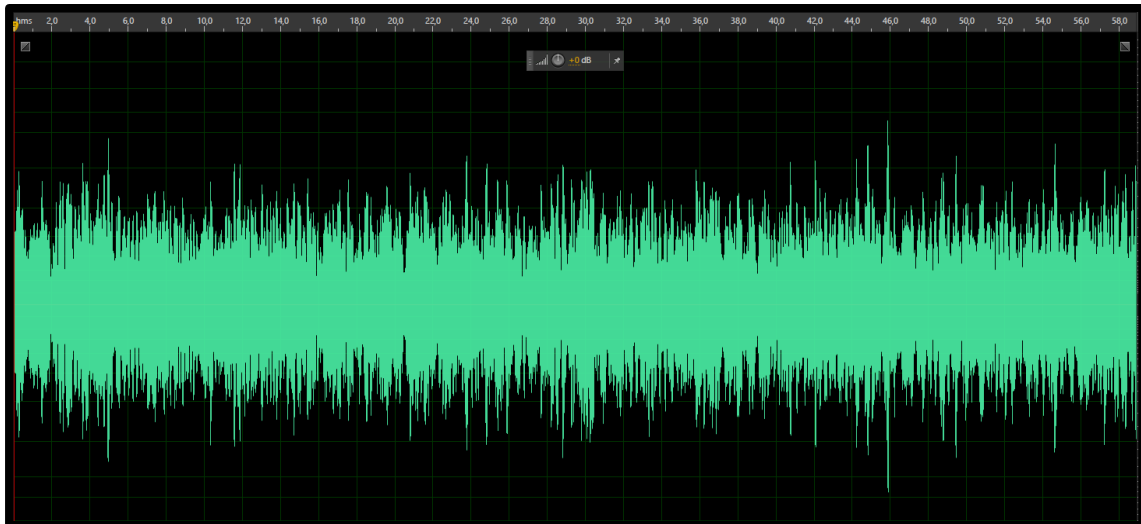


Figura 273. Gráfica espectral sonora de las estrellas B. Fuente: Elaboración propia

4.1.3. ESTRELLAS A

Las estrellas de esta categoría responden a emisiones con picos ubicados en las zonas de los azules cian. Poco a poco, la línea espectral de las estrellas se abre camino hacia el centro del espectro visible de la luz.

Star	MKK	α	δ	m	HD
δ Cas	A5 V	01:19	+50°43'	3.0	A5
β Ari	A5 V	01:40	+20 19	2.7	A5
β Tri	A5 III	02:03	+34 31	3.1	A5
g UMa	A5 V	13:21	+55 31	4.0	A5
α Oph	A5 III	17:30	+12 38	2.1	A5

Table 15: Standards at A5

Figura 274. Tabla con tipos de estrellas A. Fuente: W. W. Morgan, P. C. Keenan y E. Kellman

Las líneas de absorción presentes en estos tipos de estrella, son los siguientes:

λ 4030–4034.....	844-844 Hz
λ 4128–4132.....	824-823 Hz
λ 4417.....	770 Hz
λ 4481.....	759 Hz
λ 4417.....	770 Hz
λ 4300.....	791 Hz

Figura 275. Bandas de estrellas tipo A y su correspondencia en frecuencias sonoras. Fuente: E. propia



Figura 276. Estrellas tipo A. Fuente: Elaboración propia de original

Abajo, se expone el recorrido espectral de estrellas de tipo A:

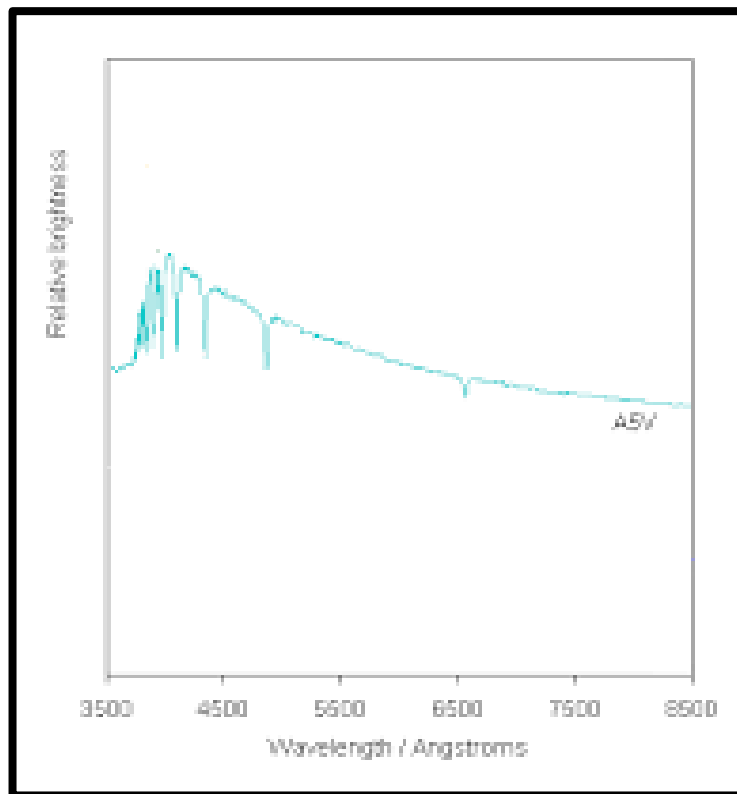


Figura 277. Gráfica espectral de Estrellas tipo A. Fuente: Elaboración propia a partir de original

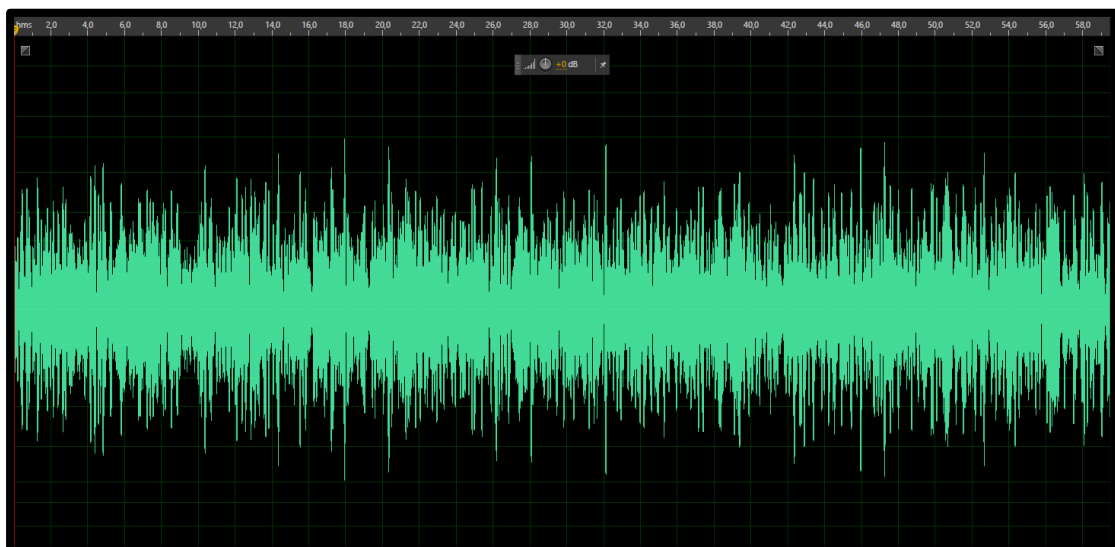


Figura 278. Gráfica espectral sonora de las estrellas A. Fuente: Elaboración propia

4.1.4. ESTRELLAS F

Este tipo de estrellas suelen tener su máxima emisión en las zonas centrales del espectro, entre los azules cian, los verdes e incluso, tímidamente, los amarillos. Lo que suele transmitir una apariencia de blancos debido a que recogen gran parte del espectro.

Star	MKK	α	δ	m	HD
α Tri	F5 III	01:47	+20°06'	3.6	F5
ξ Gem	F5 III	06:39	+13 00	3.4	F5
α CMi	F5 IV	07:34	+05 29	05	F5
110 Her	F5 IV	18:41	+20 27	4.3	F3
β Del	F5 III	20:32	+14 15	3.7	F5
ι Peg	F5 V	22:02	+24 51	4.0	F5

Table 19: Standards at F5

Figura 279. Tabla con tipos de estrellas F. Fuente: W. W. Morgan, P. C. Keenan y E. Kellman

A continuación mostramos las líneas espectrales de absorción que aparecen en este tipo de astros.

Fe i λ 4045.....	841 Hz
λ 4226.....	805 Hz
λ 4077 - λ 4226.....	835-805 Hz
Fe i lines: λ 4045 λ 4063.....	841-837 Hz

Figura 280. Bandas de estrellas tipo F y su correspondencia en frecuencias sonoras. Fuente: E. propia

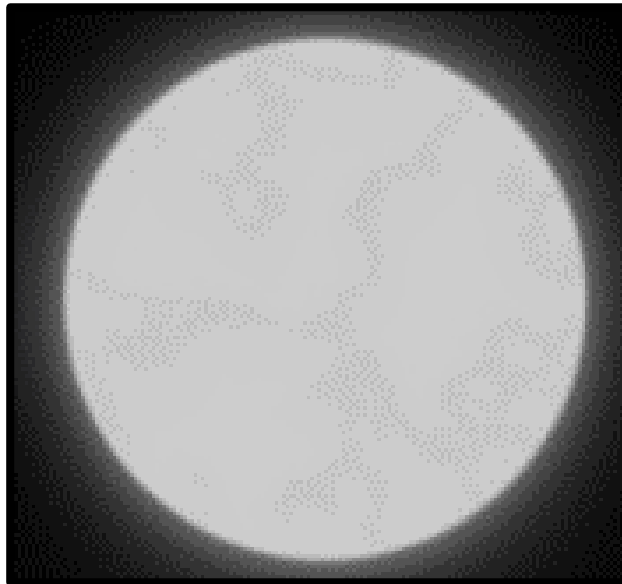


Figura 281. Estrellas tipo F. Fuente: Elaboración propia de original

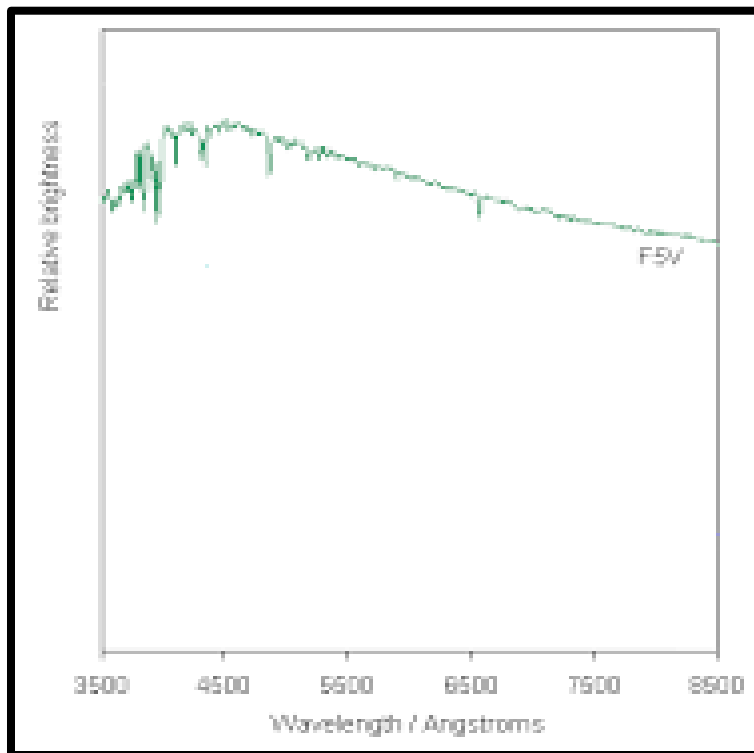


Figura 282. Gráfica espectral de Estrellas tipo F. Fuente: Elaboración propia a partir de original

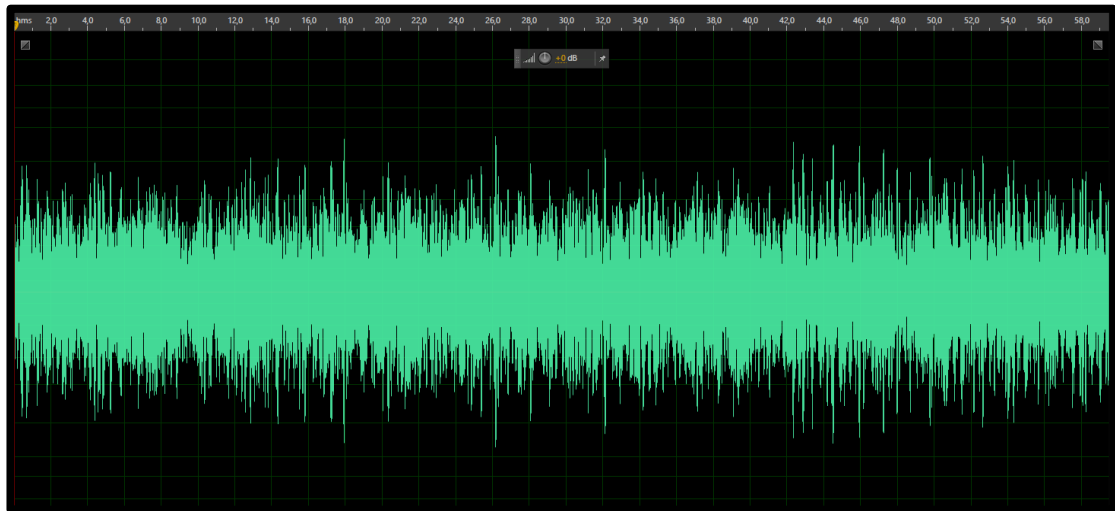


Figura 283. Gráfica espectral sonora de las estrellas F. Fuente: Elaboración propia

4.1.4. ESTRELLAS G

A este grupo de estrellas pertenece el Sol. Se caracterizan por abarcar como máximos puntos de emisión espectral la zona de los amarillos y tímidamente los naranjas.

Star	MKK	α	δ	m	HD	Notes
μ Cas	G5 V	01:01	+54°26'	5.3	G5	¹
κ Cet	G5 V	03:14	+03 00	5.0	G5	
ρ UMa	G5 II	08:22	+61 03	3.5	G0	
β Crv	G5 II	12:29	-22 51	2.8	G5	
γ Hya	G5 III	13:13	-22 39	3.3	G5	
70 Vir	G5 IV–V	13:23	+14 19	5.2	G0	²
β Her	G5 II–III	16:25	+21 42	2.8	K0	
η Her	G5 III	16:39	+30 07	3.6	K0	
μ Her	G5 IV	17:42	+27 47	3.5	G5	
ξ Her	G5 III	17:53	+29 16	3.8	K0	

¹Considerably fainter spectroscopically than other dwarfs in table.
²The star appears to be definitely less luminous than μ Her.

Table 24: Standards at G5

Figura 284. Tabla con tipos de estrellas G. Fuente: W. W. Morgan, P. C. Keenan y E. Kellman

Estos son los puntos de absorción de este tipo de estrellas:

λ 4144:H.....	821 Hz
λ 4096:H.....	831 Hz
λ 4030–4034.....	844-844 Hz
λ 4226.....	805 Hz
λ 4077.....	835 Hz
λ 4063.....	837 Hz
λ 4077.....	835 Hz
λ 4144.....	821 Hz
λ 4077.....	835 Hz
λ 4085.....	833 Hz
λ 4077.....	835 Hz
λ 4250.....	801 Hz
λ 4215.....	807 Hz
λ 4226.....	805 Hz
λ 4045.....	841 Hz
λ 4215.....	807 Hz

Figura 285. Bandas de estrellas tipo G y su correspondencia en frecuencias sonoras. Fuente: E. propia



Figura 286. Estrellas tipo G. Fuente: Elaboración propia de original

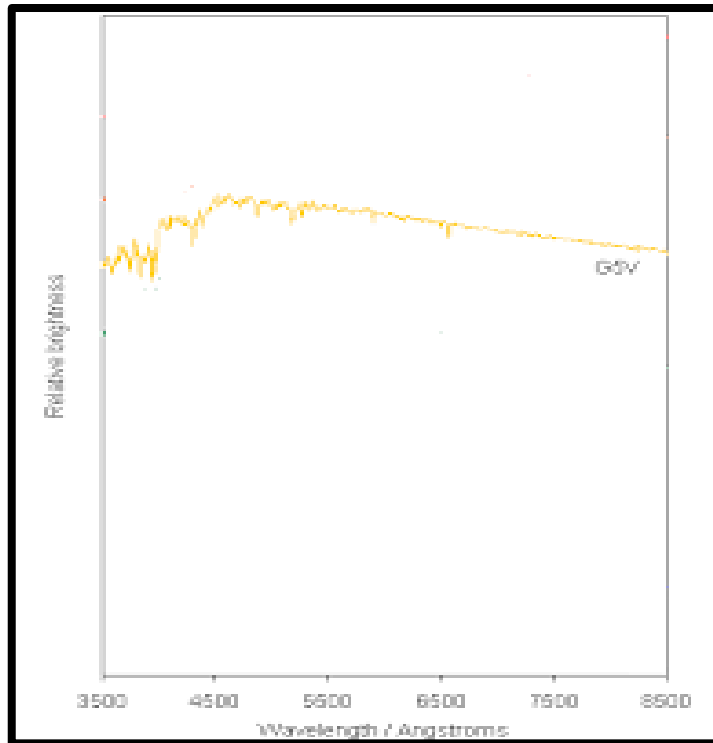


Figura 287. Gráfica espectral de Estrellas tipo G. Fuente: Elaboración propia a partir de original

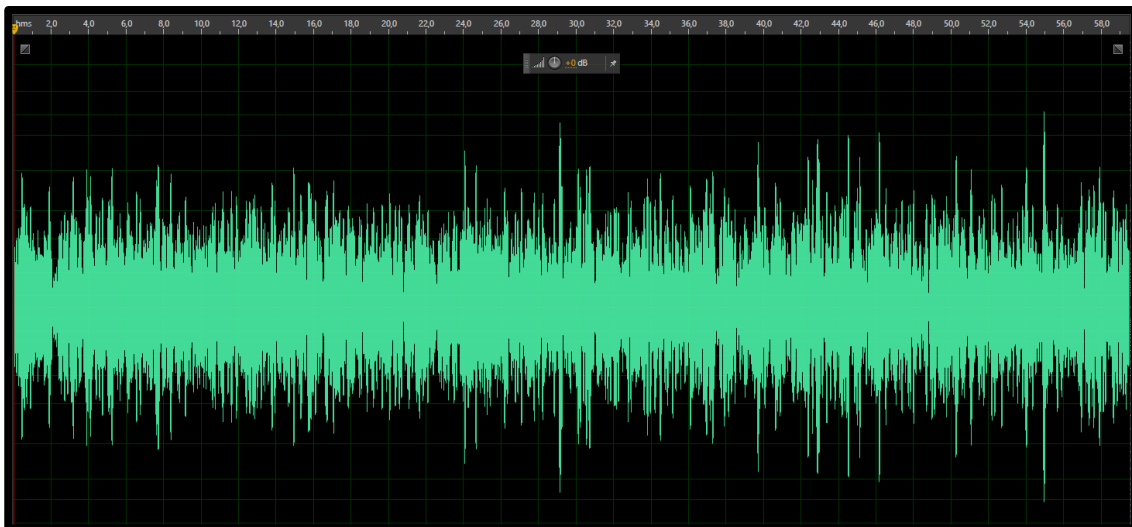


Figura 288. Gráfica espectral sonora de las estrellas G. Fuente: Elaboración propia

4.1.5 ESTRELLAS K

Este tipo de estrellas tienden su emisión espectral hacia los naranjas, aunque también emiten cierta cantidad de luz amarilla.

Star	MKK	α	δ	m	HD
α Tau	K5 III	04:30	+16°18'	1.1	K5
β Cnc	K5 III	08:11	+09 30	3.8	K2
β UMi	K5 III	14:51	+74 34	2.2	K5
γ Dra	K5 III	17:54	+51 30	2.4	K5
61 Cyg A	K5 V	21:02	+38 15	5.6	K5

Table 29: Standards at K5

Figura 289. Tabla con tipos de estrellas K. Fuente: W. W. Morgan, P. C. Keenan y E. Kellman

Los siguientes puntos corresponden a las líneas de absorción de este tipo de estrellas:

λ 4226.....	805 Hz
λ 4325.....	787 Hz
λ 4290.....	793 Hz
λ 4299.....	792 Hz
λ 4383.....	776 Hz
λ 4406.....	772 Hz
λ 4063.....	837 Hz
λ 4077.....	835 Hz
λ 4260.....	799 Hz
λ 4215.....	807 Hz

Figura 290. Bandas de estrellas tipo K y su correspondencia en frecuencias sonoras. Fuente: E. propia



Figura 291. Estrellas tipo K. Fuente: Elaboración propia de original

A continuación, se muestra el análisis espectral de las estrellas de tipo K.

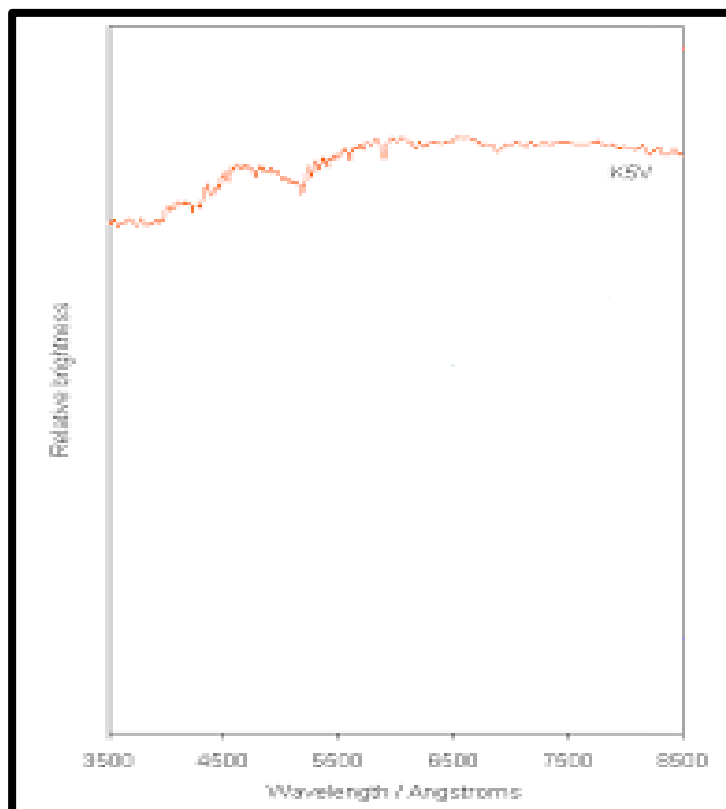


Figura 292. Gráfica espectral de Estrellas tipo K. Fuente: Elaboración propia a partir de original

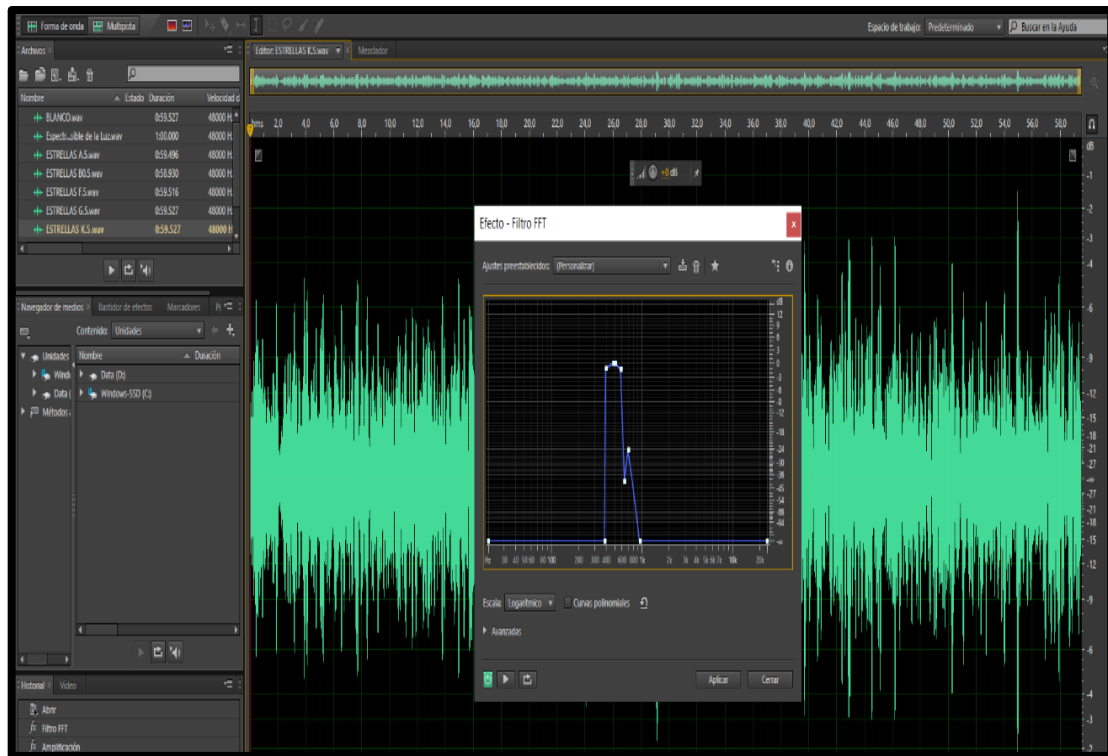


Figura 293. Filtro para seleccionar emisión espectral sonora de las estrellas K. Fuente: Elaboración propia

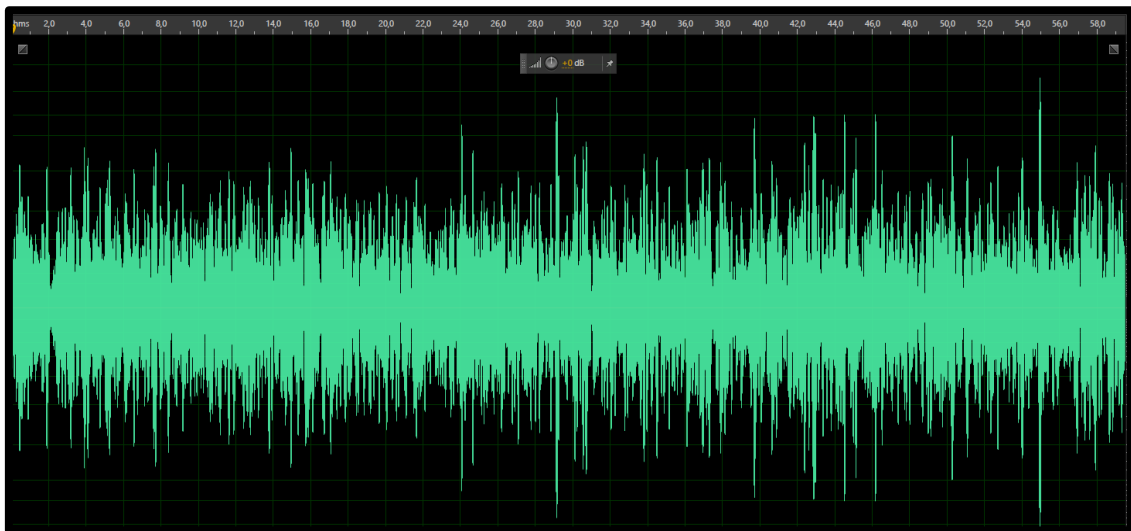


Figura 294. Gráfica espectral sonora de las estrellas K. Fuente: Elaboración propia

4.1.5. ESTRELLAS M

Este tipo de estrellas tienen una emisión espectral importante en la zona de los rojos e infrarrojos.

Star	MW+Kn	α	δ	m	HD	Notes
RW Cep	M0: Ia	22:19	+55°27'	6.2-7.6*	Ma	¹
μ Cep	M2 Ia	21:40	+58 19	4.4*	Ma	
SU Per	M4 Ia-Ib	02:15	+56 09	7.3*	Ma	
α Ori	M2 Ib	05:49	+07 23	0.9*	Ma	
α Sco	M1 Ib	16:23	-26 13	1.2	Ma	
5 Lac	M0 II	22:25	+47 12	4.6	K0	
π Aur	M3 II	05:52	+45 56	4.6	Ma	
β Peg	M2 II-III	22:58	+27 32	2.6*	Ma	
χ Peg	M2 III	00:09	+19 39	4.9	Ma	
β And	M0 III	01:04	+35 05	2.4	Ma	
η Gem	M3 III	06:08	+22 32	3.7*	Ma	

*Light Variable
¹The spectrum indicates that the absolute magnitude is brighter than μ Cep. Spectral type by Keenan.

Table 30: Standard M Giants

Figura 295. Tabla con tipos de estrellas M. Fuente: W. W. Morgan, P. C. Keenan y E. Kellman

A continuación se muestran los puntos de absorción que presentan este tipo de cuerpos celestes:

λ 4045.....	841 Hz
λ 4077.....	835 Hz
λ 4215.....	807 Hz
λ 4250.....	801 Hz
λ 4376.....	778 Hz
λ 4383	776 Hz
λ 4383.....	776 Hz
λ 4390.....	775 Hz

Figura 296. Bandas de estrellas tipo K y su correspondencia en frecuencias sonoras. Fuente: E. propia

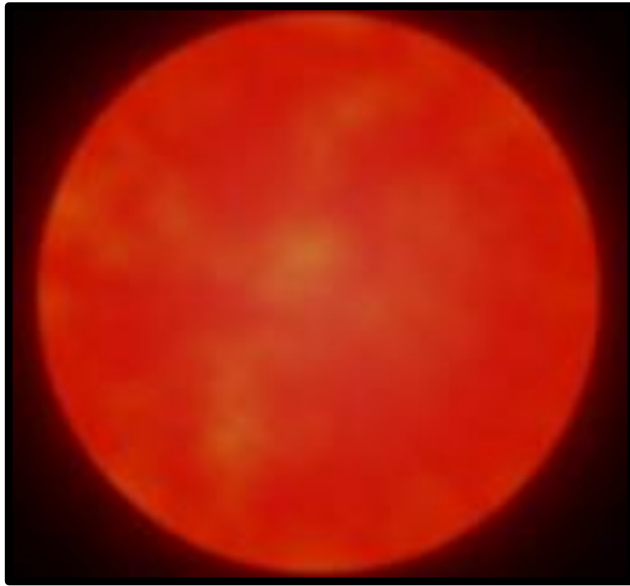


Figura 297. Estrellas tipo M. Fuente: Elaboración propia de original

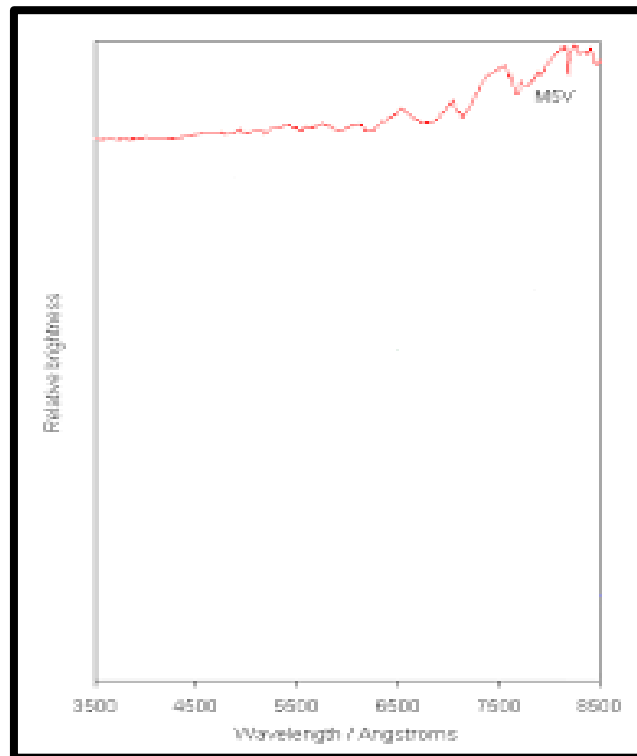


Figura 298. Gráfica espectral de Estrellas tipo M. Fuente: Elaboración propia a partir de original

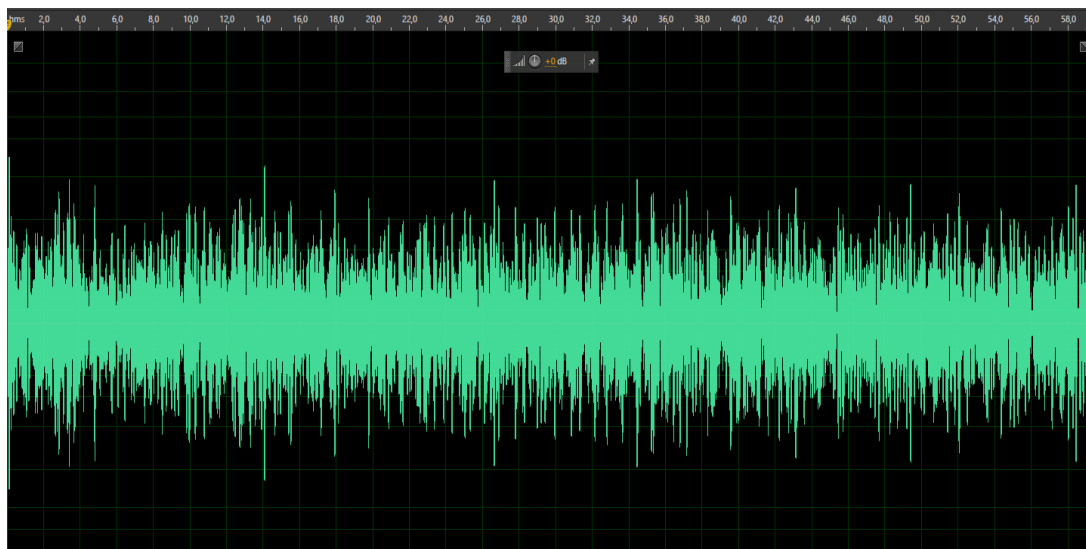


Figura 299. Gráfica espectral sonora de las estrellas M. Fuente: Elaboración propia

4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN GLOBAL

Como hemos podido comprobar a partir de los anteriores análisis realizados a lo largo de la investigación, el sonido se puede configurar para realizar procedimientos luminosos mediante una adecuada transposición de términos entendiendo ambos límites y sus características. Teniendo en cuenta todos estos aspectos se puede transformar a sonido elementos provenientes de la luz como pueden ser colores o aspectos ópticos como son la configuración del espacio. En sentido contrario, también es posible llevar términos eminentemente sonoros como pueden ser las notas musicales transformadas mediante sus frecuencias a luz, y compararlas con la franja del espectro cromático que éstas ocupan.

Derivado de lo anterior, somos capaces de analizar partituras musicales y piezas compositivas con los estímulos cromáticos de la luz para determinar la tonalidad media de una melodía, según los valores en frecuencia de las notas musicales asociados a las coordenadas cromáticas de cada color del espectro visible. Aunque, quizá lo más importante sea que conociendo el color del espectro visible al que pertenecen cada una de las notas musicales, los futuros músicos podrían inspirarse a la hora de componer melodías en la traducción cromática comparativa con la luz.

Por otro lado, se ha comprobado que se podrían establecer espacios acústicos que permitieran una comunicación basada en la experiencia visual a partir de trazos, letras, números, símbolos y signos sonoros. La ubicación de los elementos, la creación de un soporte acústico donde alojar los diferentes hilos y mensajes, tales nomenclaturas que nos han sido traídas del mundo óptico.

Por último, desde el ámbito cosmológico y teniendo como muestra una posible sonificación de la luz visible, podemos ajustarla acorde a las características de las estrellas y los cuerpos luminosos según sus vacíos o puntos de absorción de las mismos o también

los colores del espectro que más emitan según el tamaño y masa. Siendo la tonalidad azulada-violeta más aguda que la roja que presentaría tesituras más graves. Por ello, desde el punto de vista de la astronomía, esta traducción podría conllevar el inicio de una nueva vía de estudio y comprensión del Universo para dar respuestas a fenómenos que no somos capaces de percibir desde el sentido óptico, tal y como enunciábamos con la sonificación de las ondas gravitacionales.

5. CONCLUSIONES:

5.1. RESPUESTA A LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cómo funcionan la “*Escala Sonocromática Pura*” y la “*Musical*” de Neil Harbisson?

Las “*Escala Sonocromática Pura*” y “*Sonocromática Musical*” de Neil Harbisson son propuestas realizadas por el autor como vehículo para estudiar el color en la dimensión del sonido. No obstante, su propuesta es incompatible con la comparativa realizada entre luz y sonido en la investigación. Por ejemplo, mientras que para Harbisson el espectro acústico correspondiente a la tonalidad del violeta son ‘607.542 Hz’, para nuestra conversión no existe una sola señal que se ajuste al violeta, sino que, tal y como ocurre en el fenómeno de la luz, son múltiples líneas o espectros de ondas que nuestros ojos por naturaleza tienden a ajustar en una única, una sensación que nuestro cerebro identifica con un estímulo: el color violeta. Por ello, nuestra conversión de colores a sonido tiene en cuenta esta condición natural de la luz y ajusta las frecuencias en TeraHertzios de estos haces, en Hertzios, audibles, en una reducción de 1 Hz es a 1×10^{-12} THz. Nuestros valores de violeta sonoros son de $756 \approx 895$ Hz.

2. ¿Es realmente posible convertir los patrones cromáticos de la luz en sonido?

La respuesta es sí y no al mismo tiempo. Se pueden realizar propuestas como la que hemos realizado en nuestra investigación, pero la luz seguirá siendo luz y el sonido, sonido. Esto es, la luz es un fenómeno electromagnético que viaja a más de 300.000.000 m/s mientras que el sonido depende del medio por el que transcurre, aunque en el aire a una temperatura de 20°C la velocidad es de aproximadamente 343 m/s. A pesar de sus diferencias, ambas se comportan como ondas y desde este punto de vista podemos adaptar los valores numéricos ya que disponemos de variables comunes por su comportamiento ondulatorio como pueden ser la amplitud, la frecuencia y la longitud de onda. No obstante; debemos de ser cautos y ser conscientes de todas las diferencias para que nuestra traducción o transposición de una dimensión a otra resulte coherente. La coherencia de esta propuesta surge a través de la necesidad de establecer nuevos mecanismos o herramientas comunicativos que nos permitan ampliar el conocimiento científico.

3. ¿Si cada color tiene una frecuencia determinada, cómo es posible que ninguna referencia científica acuerde una coordenada precisa y exacta para cada color expresado en una frecuencia y longitud de onda determinada?

Resulta que los colores en realidad son sensaciones, ilusiones, que perciben nuestros ojos y posteriormente nuestro cerebro traduce en forma de estímulos cromáticos como mecanismo de supervivencia y evolución de la especie humana. Otros animales han adquirido la posibilidad de percibir otro rango de espectros para sobrevivir en el medio en el que existen. La razón por la que los valores o coordenadas cromáticas para cada color o región o área del espectro visible de la luz puedan diferir entre unos y otros gráficos ligeramente es debido a que los colores, como hemos explicado anteriormente, son los estímulos que nuestro cerebro ha configurado para la supervivencia y relación con el entorno, esto quiere decir que cada señal o interpretación de cada color es en sí misma, subjetiva. La percepción de cada persona frente a un determinado estímulo es diferente, difiere, porque es subjetiva. De hecho, esto es considerado un '*qualia*' o fenómeno que hace que cada persona sienta, identifique o conciba de formas distintas un mismo referente. Esto produce que uno nunca sea capaz de averiguar cuál es la forma de ver de otra persona una tonalidad cromática. Volviendo a la respuesta anterior, casi todos los gráficos sobre colores son estándares basados en el experimento del '*observador-patrón*', o una media que se ha establecido como convención entre un número determinado de individuos que fueron expuestos a una misma fuente cromática. Los resultados varían, por ello, se estableció una convención para que todos los colores fuesen concebidos en términos que se ajustasen a un universo más complejo.

4. ¿Qué es el blanco y qué el negro? ¿Verdaderamente existen?

El blanco es un color, aunque podría ser visto como un no-color ya que no existe como tal, es la luz que recibimos del Sol, de una estrella. Existen diversos tipos de estrellas, tal y como hemos expuesto en el epígrafe final de la investigación, desde azules, hasta rojas. Nuestro Sol es una estrella con una emisión de tonalidades amarillas, por lo que, nuestros ojos consideran a la luz amarilla, en realidad, de color blanco. Si viviésemos en un sistema en el que nuestra estrella fuese de tipo O, nuestros ojos asimilarían la emisión centrada en azules y violetas como la luz blanca. Es decir; todo ha sido fruto de un proceso de adaptación de la vida a una realidad que nos ha sido presentada de una determinada forma. Somos el resultado de un proceso evolutivo. Por último, el color negro no existe. Su existencia depende de que seamos capaces de discernir y conocer lo que es la luz blanca. Sin luz, no hay oscuridad. Y no se trata de que nuestros ojos no perciban fuentes de luz que se hallen fuera del espectro visible, sino, la inexistencia de cualquier tipo de señal. El negro, es, la ausencia de luz, de señal, o de algún tipo de información. El negro es la nada, la inexistencia.

5. ¿El negro es una frecuencia y longitud de onda determinada dentro del espectro visible?

Al principio, se creía que el color negro era el resultado de la no-adaptación de nuestros ojos hacia fuentes alejadas de los extremos del espectro visible de la luz, pero, en realidad, la luz existe, sólo que no podemos percibirla. Es invisible a nuestros ojos. Que nuestros ojos se hayan adaptado a unas condiciones de luz determinadas no quiere decir que no exista información, o realidad. De hecho, los diferentes instrumentos en los telescopios espaciales nos permiten ver un mismo referente, como la galaxia de Andrómeda en diferentes luces o fuentes y podemos percibir como éstas muestran aspectos diferentes de la misma. No se trata de negro cálido o frío, sino de no-percepción. Estos valores muestran el límite de hasta dónde pueden percibir la luz nuestros ojos, luz visible, pero, el resto siguen existiendo otras fuentes de luz.

6. ¿Sería laudable, si fuera posible tener unos patrones cromáticos de la luz sonoros, establecer un método de aprendizaje para invidentes?

Sí, hemos visto que gracias a los datos o coordenadas cromáticas establecidas por convención por el observador patrón, hemos convertido estas señales electromagnéticas a sonido a partir de la comparativa de ambas como fenómeno ondulatorio. Éstas, además, hemos comprobado que pueden ser comparadas y localizadas en el teclado de un piano, por pertenecer o estar ubicadas en un área del espectro visible de la luz, al ser traducido a sonido. Podrían determinar el aspecto sonoro de los diferentes colores, estableciendo así unos patrones que las personas con dificultades ópticas puedan relacionar con estímulos sonoros. Por ejemplo, la tonalidad del rojo, acústicamente, sería grave, mientras que la del violeta sería la más aguda de todas. Además, siendo capaces de traducir el fenómeno grafológico, habiendo aprendido a identificar cada estímulo cromático a sonido, podrían escribir con la cualidad acústica mensajes, palabras, etc. Se podrían, en definitiva, ajustar canales que fueron establecidos previamente de forma visual para emitir también mensajes de manera sonora.

7. ¿Podrían hacerse cuadros sonoros a partir de los referentes plásticos?

Podrían realizarse traducciones que permitiesen hacer entender a personas con discapacidades visuales realidades que hasta hace poco fueron a partir de relieves y tacto. No es posible poner voz a la enigmática mujer que se oculta tras el cuadro de la “*Mona Lisa*”, pero sí podemos representar de forma sonora la distribución y disposición del cuadro. Incluso, quizás en un futuro se podría conseguir percibir los estímulos sonoros y cromáticos acústicos mediante un aprendizaje inicial a niños, para que generaciones próximas sean capaces de decodificar mensajes más complejos como la silueta de una persona y sus tonalidades. Este camino nos llevaría muchos años de entrenamiento, pero, quizá podría llegar a conseguirse. ¿Por qué si no somos capaces de percibir una realidad compleja sólo a partir de los ojos? Porque nuestros ojos y cerebro se han adaptado a ello.

Además, ha habido una importante labor de aprendizaje por parte de docentes para hacernos discernir desde que somos pequeños, las diferentes tonalidades y formas, patrones, que configuran nuestro entorno.

8. ¿La conversión luz y sonido sólo afecta en cuanto a las unidades medibles de frecuencia?

No sólo a las unidades de frecuencia, también a las de longitud de onda. Como hemos explicado en el epígrafe sobre la naturaleza de la luz, la frecuencia es inversamente proporcional a la longitud de onda. Mientras que la frecuencia son los ciclos o número de recorrido que realiza una onda por segundo, la longitud de onda es la distancia entre unos y otros ciclos, por ello, son variables inversas. Por último, las unidades o nuestro objeto de estudio para convertir luz en sonido según nuestro criterio de traducción es mediante la facultad de ambas dimensiones, desde su aspecto ondulatorio. Por eso nuestros valores a considerar han sido los referentes a la frecuencia y la longitud de onda. Era preciso determinar cuáles eran las localizaciones o coordenadas del espectro electromagnético total, las que debíamos y queríamos convertir en sonido.

9. ¿Es viable hablar de una traducción de las notas musicales para la localización de éstas dentro del espectro visible de la luz?

Sí, desde el punto de vista sonoro es posible hablar de comparativa entre sonido y color. No obstante; por el tema que nos ocupa, la luz, al haber sido transformada en sonido así como sus siete colores, en Hertzios, de igual forma que los sonidos de cada nota musical, hemos podido considerar la ubicación de las notas dentro del espectro visible de la luz y concluir la tonalidad cromática a la que corresponderían si se comportasen como luz, y la luz fuera medible en Hertzios.

10. ¿Qué velocidad aplicar al sonido o qué medio escoger para realizar su conversión procedente de la luz?

Si antes hablábamos de evolución de la especie humana, se trata de que esta traducción se ajuste a las condiciones de realidad en las que las personas suelen vivir, por ello, el medio que más sentido tendría a la hora de proponer una conversión o traducción de la luz sería el aire. No tendría ningún sentido aplicarlo al medio marino, a no ser que su pretensión fuera saber “cómo se oirían los colores bajo el océano si estos se comportasen como sonido”.

11. ¿Qué son los “*agujeros negros*” y las “*lentes gravitacionales*” o “*anillos de Einstein*”?

Al final, este tema no se ha podido exponer de forma manifiesta en la investigación debido a que los agujeros negros no son más que la absorción de toda la materia y energía, incluida la luz. Ha sido necesario abarcar el tema de estos cuerpos celestes a la hora de tratar de entender mejor el funcionamiento del cosmos, en cuanto a masa y tamaño. Los agujeros negros son cuerpos masivos, fruto de estrellas muertas que, debido a su gran masa, han colapsado y han cedido a la gravedad hasta que todo el núcleo de la misma se ha visto reducida a una parte infinitamente pequeña del espacio-tiempo. A esta parte la denominamos singularidad. Los agujeros negros, como su nombre indica, no emiten luz, sino que la absorben, por ello es muy complicado saber que están ahí, en el Universo. En cuanto a las lentes gravitacionales y “*anillos de Einstein*”, se trata de fenómenos gravitacionales producidos por la gran masa de un cuerpo que se cruza con la luz procedente de otro, ubicado detrás de este primero, y que lo que hace es deformar el recorrido de la luz, curvándola y aumentando la intensidad de ésta en sus extremos, formando una lente para el espectador que la observa. Los anillos de Einstein son lentes gravitacionales en los que se puede ver una circunferencia perfecta y sus consecuentes efectos sobre la luz que ésta tiene.

12. ¿Qué son las “*Líneas de Fraunhofer*”?

Las “líneas de Fraunhofer” son aquellos vacíos o huecos en la luz que el propio Joseph Fraunhofer (1787-1826) observó por primera vez al descomponer la luz en siete espectros o colores. Concluyó que este fenómeno era debido a los elementos químicos que absorben determinados espectros u ondas de la luz total, lo que permite a los astrónomos de hoy en día conocer los elementos o la química de cuerpos estelares que se hallan a millones de años luz. Éste es el principio de la espectroscopía.

13. ¿Qué son las “*Líneas de Emisión y de Absorción*”?

Las líneas de emisión y de absorción tienen que ver con lo expuesto anteriormente de las líneas de Fraunhofer. Los elementos, al interactuar con la luz, absorben determinadas líneas de espectros y reflejan otras, por lo que, las líneas de emisión y de absorción son el resultado de procesos contrarios al interactuar con la luz. Mientras que las líneas de absorción son aquellas fruto de la presencia de un elemento químico que refleja todas menos esa banda espectral, las líneas de emisión son resultado del calentamiento de ese elemento químico, lo que produce la “emisión” de unas determinadas bandas o líneas espectrales, que son las mismas que absorbe el elemento en su proceso contrario.

14. ¿Qué es el “*Efecto Doppler*” y cómo afecta a la luz y al sonido?

El Efecto Doppler, descubierto por el investigador austríaco Christian A. Doppler (1803-1853), establece que las ondas funcionan como una especie de muelle: se estiran si el objeto que emite la fuente se aleja o se contraen si por el contrario, éste se acerca. Esto afecta a la luz de tal forma, que las ondas, cuando la fuente que las origina se aleja se estiran tanto que aumentan en longitud, por lo que, si la emisión de la luz se hallaba en los azules, estos se desplazan al rojo, lo que se conoce en el argot como: ‘*corrimiento al rojo*’. De igual forma al revés, si un cuerpo que emite una fuente de luz se halla ahora más próximo al observador que antes, veremos cómo la longitud de onda de las mismas se minimiza, provocando un corrimiento al azul. De esta forma, los astrónomos son capaces de determinar la expansión del Universo. Por último, en cuanto a sonido, el rojo traducido correspondería a una tonalidad grave, y un azul, a una más aguda. Cuando escuchamos el movimiento de una ambulancia mientras viene hacia nosotros, las ondas se comprimen y suenan más agudas hasta que está paralelo a nosotros, después, según se vaya alejando, el sonido emitido se estirará provocando que la percepción tímbrica del mismo suene más grave.

15. Por último, si podemos observar las estrellas del cielo mediante su fulgor, y el color de su brillo (espectroscopía), ¿podría llevarse a cabo esta traducción a sonido, y de esta forma, representar y conocer desde el punto de vista sonoro, su comportamiento?

Se podría determinar el comportamiento de la misma desde el punto de vista cromático, así como su desplazamiento por el Efecto Doppler, pero no podríamos conocer su temperatura o sus elementos que la constituyen, a no ser, que haya sido sonificada expresamente, ya que, por naturaleza, las estrellas no suenan, pero sí brillan. Esto es debido a que la luz no necesita de un medio para propagarse a diferencia del sonido, por ello, si viajásemos por el Universo, no se escucharía nada. Para representar la temperatura y tamaño podríamos realizar un proceso de sonificación que implicase la traducción de los datos recogidos en cuanto a líneas de absorción y de emisión. Si caracterizamos los patrones que nos proporciona la luz, seríamos capaces de estudiar el firmamento con los ejemplos o muestras sonoras traducidas. En cuanto al tamaño y la masa, dependiendo de las líneas espectrales, su emisión (si es fundamentalmente en la zona de los rojos, naranjas, amarillos, blancos, cianes, azules), podríamos generar patrones que nos identificasen la pertenencia de cada sonido a un tipo espectral de estrella de la secuencia principal. También, podríamos representar el Efecto Doppler ya que disponemos de cambios de emisión y de filtros para transportar esa modificación o corrimiento de la luz como onda, en sonido.

5.2. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS

Existen posibles relaciones entre luz y sonido, todas ellas derivadas de su comportamiento similar en cuanto a ondas. Hemos podido comprender la vinculación de estos en su fenómeno ondulatorio, establecer una relación de frecuencias y longitudes de onda que permitan vincular dimensiones diferentes. Por ejemplo, para vincular la luz con el sonido hemos considerado ambas dimensiones a partir de su variable común: los Hertzios, aunque salvaguardando siempre los órdenes de magnitudes. Simplemente, comparando ambas dimensiones a partir de su fenómeno como espectros, ópticos o audibles, respectivamente. Una vez conseguido esta relación de ida y vuelta entre dichos fenómenos, hemos podido comparar distintas disciplinas asociadas al sonido como puede ser la música y sus acordes, para ver, de acuerdo a estas asociaciones de coordenadas cromáticas, cómo se verían esas triadas de notas musicales desde el punto de vista del color. Además, hemos podido vincular el sentido de alto y bajo a la hora de interpretar la luz, tal y como se llevaría a cabo en el mundo sonoro-musical. También, hemos organizado el espacio de los objetos en el tiempo y hemos establecido una gramática determinada para configurar los diferentes espacios entre los que se encontrarían los diferentes objetos o elementos que lo compondrían. Hemos conocido que, al igual que para la dimensión de la luz el espacio representa un tiempo, en el sonido el concepto es inverso (el tiempo determina el espacio). También hemos conocido que el negro no es el mismo concepto que la obscuridad. El negro es una sensación de la carencia o ausencia de luz visible, y la obscuridad es la nulidad de cualquier tipo de fuente o señal electromagnética. Por último, hemos llevado el concepto de la acústica al Espacio, representando estrellas acorde a los diferentes tipos de tamaños o categorías a las que pertenecen según el espectro o la temperatura que comprendan en su superficie.

5.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

5.3.1. GENERALES

1. Se establece una conversión de la luz en sonido.

Más que una conversión, esta investigación establece una propuesta basada en la experiencia de la luz, su entendimiento y comprensión y el estudio del sonido para traducir unos fenómenos que forman parte de una dimensión, en otra, comparándolos y estudiando su comportamiento para obtener nuevas conclusiones.

2. Los colores al igual que vistos, también pueden ser escuchados.

Ésta es una afirmación arriesgada ya que los colores no pueden ser escuchados, ni siquiera vistos. Es nuestra mente la que, a través de la información sensorial de nuestros ojos, ha deducido e interpretado que diferentes ondas que conforman un único espectro o luz tienen tintes o producen estímulos determinados que nosotros asociamos con tonalidades cromáticas. Los colores no pueden ser escuchados porque para que estos fuesen

escuchados necesitarían comportarse como una onda mecánica como el sonido, que se propaga por el choque, la interacción y presencia de moléculas, que son las que conducen la onda. Lo que sí es cierto, es que podemos traducir el fenómeno de la luz en sonido atendiendo a variables que intervienen en el comportamiento de las ondas para entender la realidad desde otro enfoque o punto de vista diferente. De igual forma, podemos comparar elementos que forman parte de la realidad sonora en la búsqueda de similitud con un suceso semejante que exista en la luz. Los colores, son uno de ellos.

3. El futuro del Arte radica en la “*multiexperiencia sensorial*”.

Es una propuesta que podría ser factible en un “futuro”, aunque la palabra futuro conlleva una incertidumbre en el tiempo. El Arte podría verse influenciado mediante esta herramienta que se traduce a modo de propuesta en cuanto a la sonificación de la luz y de los colores. De igual forma en su proceso contrario, los músicos podrían realizar composiciones que tuvieran como enfoque la traducción a estímulos cromáticos en la luz, mediante la elección de unas u otras notas musicales. También podrían crear nuevas paletas musicales en función de las que ellos perciban o traten de representar a sonido, a partir de un estímulo cromático concreto procedente de la experiencia relacionada con la luz.

4. Es posible “*pintar*” cuadros sonoros a partir de sus referentes plásticos.

Sí y no al mismo tiempo. Es decir; podemos “pintar” cuadros con sonido a partir de los elementos grafológicos que hemos propuesto, o incluso de los que queden por traducir, para hacer dibujos, gráficos, pero cuadros es más complicado. Quizás, una tecnología que nos permita ver y escuchar lo que hacemos al mismo tiempo desde el punto de vista cromático y visual sería una alternativa a la hora de comenzar a hablar de “cuadros sonoros” propiamente dichos.

5. Se puede percibir la realidad visual en sonido.

Se ha hecho un intento por codificar de manera sonora un porcentaje muy pequeño de la realidad visual, aún es pronto para determinar cuáles serán los límites entre luz y sonido. Entretanto, es necesario dar a conocer esta técnica y animar a las personas a que prueben y a que aprendan esta nueva forma de estudiar y de comprender la realidad. Una vez superado esta fase inicial, serán los resultados los que nos podrán dar o no la respuesta del mañana.

6. La luz y el sonido son ondas.

Efectivamente, la luz y el sonido son ondas y por lo tanto disponen de variables que nos permiten identificarlas como son: la frecuencia, la longitud de onda y la amplitud. No obstante, la luz es una onda transversal que no necesita medio para propagarse, es un tipo de onda electromagnética que conforma una pequeña región del espectro radioeléctrico total; mientras que el sonido es una onda mecánica, longitudinal que sí necesita medio y depende de él para transmitirse. Su velocidad, por tanto, varía, dependiendo del medio, ya que si las moléculas se hallan próximas entre sí, la perturbación viaja más rápido, mientras que si se encuentran separadas, será más difícil que ésta se propague.

3.4.2. ESPECÍFICAS

A raíz de las anteriores preguntas, devienen las afirmaciones que abajo exponemos:

1. Las Escalas Sonocromáticas Pura y Musical de Neil Harbisson han tenido un valor fundamental a la hora de llevar a cabo la presente investigación; sin embargo, presentan limitaciones y es necesario, en base a su revisión, la realización de nuevos estudios que aborden con mayor detenimiento la naturaleza de la luz y del sonido.

Ninguna propuesta se debería considerar incorrecta ya que el valor que tienen es la propiedad de la ciencia: prueba y error. Sin las escalas de Neil Harbisson, esta investigación no habría tenido lugar porque no se habría ni siquiera planteado el hecho de traducir luz en sonido y viceversa. El propio valor de Harbisson es el hecho de haber intentado traducir dos fenómenos totalmente diferentes, agrupándolos a partir de una de las variables comunes, la frecuencia. No obstante; su propuesta, además, ha contribuido a esta investigación a la hora de discernir y profundizar aún más en el tema de la luz y del sonido. Si bien, su propuesta es interesante, creemos que radica en conclusiones muy tempranas a la hora de establecer una traducción que intente configurar en mayor o menor medida el propósito de la misma: la conversión o la interpretación de la realidad visual a sonido y viceversa. Su investigación empieza y acaba en los colores y la música, sin ahondar o ir más allá, por lo que, es un método válido para una primera toma de contacto con la materia óptico-acústica comunicativa.

2. Es coherente hablar de una conversión de la luz en sonido y viceversa, si a colores nos referimos. Mediante las frecuencias de la luz y del sonido, en su ascensión como ondas.

Es coherente hablar de una propuesta que nos permita traducir e interpretar los fenómenos de la luz en sonido y viceversa para estudiar su comportamiento y su evolución o adaptación en el medio. Además, puede ayudar a mejorar procesos de aprendizaje de patrones a personas que presenten dificultades visuales. También a la hora de estudiar música, composición y solfeo ya que el hecho de relacionar notas musicales con colores podría resultar de gran inspiración a nuevas generaciones de músicos y compositores. Por último, tanto en el arte como en los campos de la ciencia astronómica se podría concluir

en una mejora de la percepción o del entendimiento de fenómenos que habían sido propuestos como ópticos desde un principio.

3. Aunque la luz no necesite de un medio para propagarse y en cambio el sonido sí, podemos establecer igualmente la conversión teniendo en cuenta éstas y otras consideraciones.

El principal problema de nuestras hipótesis es el hecho de hablar de conversión de una forma universal, y este hecho sólo será consecuente, en tanto y cuanto, el colectivo social lo acepte y empiece a trabajar con él. Éste ha sido el principal cambio que se ha establecido, o el antes y el después en la investigación. La conclusión es que se ha establecido un método, una propuesta que podría ayudar a mejorar la calidad de vida de personas con dificultades relacionadas con el sentido óptico y a proporcionar una herramienta de conocimiento alternativa que permita el estudio de la realidad desde la facultad del sonido.

4. Si los colores son coordenadas cromáticas expresadas en valores de frecuencia y longitud de onda, también lo serán en sonido.

Efectivamente, si la traducción de ambos fenómenos es desde la perspectiva de su comportamiento como ondas, es lógico pensar que se emplearán los parámetros asumibles para trabajar con ellos desde este punto en común.

5. Si la luz viaja en TeraHertzios y el sonido en Hertzios, este segundo tiene una energía de transmisión por el medio equivalente a $1 = 1 \times 10^{12}$ con respecto a la luz, que no necesita de un medio para transmitirse, en cambio.

Si la luz viaja en TeraHertzios y el sonido en Hertzios, mediante la traducción de luz a sonido asumimos que la luz viaja con una frecuencia 1×10^{-12} veces la real; es decir, cada Hz representado corresponderá a 0,000000000001 THz.

6. Para convertir los estímulos cromáticos propios de la luz en sonido habrá que tenerse en cuenta la variable de la velocidad debido a la influencia que ésta ejerce sobre los valores de frecuencia y de longitud de onda. En la luz, la transmisión de la onda se produce a una velocidad de 299.792.458 m/s, mientras que el estándar de la velocidad del sonido en el aire a una temperatura de 20° aprox. es de 343 m/s.

Efectivamente, la velocidad de la luz es de 299.792.458 m/s (300.000.000 m/s) y el sonido en el aire a unas condiciones de 20° C, aprox, es de 343 m/s. No obstante, como luz y sonido siempre serán formas de onda totalmente diferentes entre sí, en este caso, el hecho

de realizar una conversión más detallada puede ayudarnos a aproximarnos un paso más a cómo funcionaría o cuál sería el comportamiento de la luz, si fuera sonido, pero, al fin y al cabo, tanto si emitimos un mayor número de detalles como si no, la luz, de igual forma, seguirá siendo luz, y el sonido, sonido,

7. El color blanco es la unión de todos los colores de la luz y el negro es la ausencia de señal o la no recepción de señales que se encuentren en el espectro visible de la Luz. Esta traducción en sonido sería la no captación de estas coordenadas cromáticas espectrales de acuerdo a las lumínicas.

La luz blanca efectivamente será la suma de todos los espectros que la componen, pero, tal y como hemos visto en las tipologías de estrellas, qué sería luz blanca y qué no. La cuestión es, que el blanco es un no-color; es decir, es la percepción que tiene el ojo al combinarse todas las frecuencias del espectro visible en un único todo o señal. Por ejemplo, si nuestros ojos se hubiesen acostumbrado a vivir en un sistema donde nuestra estrella fuese azul, diríamos que el azul es la suma de todos los colores o espectros visibles que nos llegan de dicha estrella ya que nuestro Sol es amarillo, por lo que, lo que consideramos blanco, en realidad, debería ser amarillo. Nuevamente se trata de adaptación de los sistemas de recepción fotosensibles ante un estímulo determinado. El blanco transformado en sonido sería resultado del tratamiento de lo que conocemos por ruido blanco, su acotación con respecto al espectro visible de la luz traducido a sonido y las absorciones necesarias correspondientes con las “*Líneas de Fraunhofer*” en luz, a sonido.

8. Si las notas musicales son frecuencias de sonido y podemos obtener las frecuencias de la luz en sonido, podremos compararlas y establecer el color de cada nota.

Hemos sido capaces de generar una propuesta o una traducción que nos permita hablar de estímulos ópticos en dimensiones acústicas y viceversa. Habiendo aclarado este punto, sí hemos sido capaces de establecer una comparativa entre luz y sonido y más en concreto, luz y notas musicales. Si hemos sido capaces de traducir en frecuencias de onda sonoras la luz, sólo nos queda establecer un análisis que determine la localización de cada una de las notas musicales en ese espectro de la luz visible convertido, o mejor dicho, traducido, en su versión a sonido.

9. Si las estrellas absorben coordenadas cromáticas y hemos podido trabajar previamente con éstas en cuanto a la limpieza del ruido blanco para obtener la luz blanca pura en sonido, también podremos realizar este proceso con las coordenadas cromáticas del espectro visible.

Desde luego, si hemos sido capaces de restringir en el ruido blanco sólo la emisión de las frecuencias que se corresponderían con los límites que comprenden el espectro visible de la luz, a sonido, mediante el uso de un filtro de: rechazo de bandas, paramétrico, o uno científico, ¿por qué no íbamos a poder restringir cúmulos de frecuencias que consideremos que conforman cada área cromática del espectro visible de la luz en su traducción acústica?

5.4. OTRAS CONCLUSIONES

Los demás espectros de luz que conforman el resto del espectro electromagnético no sabremos nunca cómo serían percibidos, pero sí podemos utilizar la captación de estos mediante instrumentos o lentes en diferentes frecuencias o longitudes de onda y después darle matices de color mediante la técnica del seudocolor para poder estudiar fenómenos que no son percibidos desde la región del visible. Nuevamente, empleamos el ejemplo de la galaxia de Andrómeda, vista desde diferentes lentes. Ésta puede “colorearse” a partir de los datos recogidos por los sensores de los telescopios en otras longitudes y frecuencias de onda para percibir elementos de la realidad que no son percibidos con el espectro óptico visible.

Es por ello que las notas musicales que se hallarían por encima o por debajo del espectro visible podrían ser consideradas con un valor cromático o tonalidad ciertamente parecidos si atendemos al procedimiento realizado en seudocolor.



Figura 300. Galaxia de Andrómeda (M31) en luz visible, rayos x e infrarrojos. Fuente: El País (2011)

6. DISCUSIÓN

6.1. ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS RESULTADOS

Después de conocer los resultados de la investigación, podemos afirmar que sí es posible establecer una conversión de luz en sonido bajo la asunción de los siguientes enunciados o afirmaciones establecidas a posteriori:

1. No es posible transformar la luz en sonido y viceversa. Lo que hemos conseguido durante esta investigación es una propuesta de traducción de fenómenos presentes en la realidad de la luz como onda a sonido, y su proceso contrario.

2. La luz es una onda transversal y no precisa de un medio para su transmisión, no como el sonido que aparte del medio, su velocidad de transmisión depende del mismo.

3. Los colores son ilusiones o interpretaciones que realiza nuestro cerebro a la hora de recibir señales radioeléctricas procedentes de la luz visible a distintas longitudes o frecuencias de onda, por ello, el color es algo subjetivo y responde al concepto clásico de 'qualia'.

4. Los datos acerca de los límites entre coordenadas cromáticas para cada área, sensación o color del espectro visible han sido obtenidos a partir del estándar y la convención del observador-patrón, para que se ajuste a una media en cuanto a la percepción cromática de un número amplio de individuos, pero no definitiva, en ningún caso.

5. El color negro no existe, es una interpretación a partir de la luz de la nada o la ausencia de señal ya sea en su totalidad o del campo del espectro visible (en cualquier caso, nuestros ojos no reciben estímulo alguno para que se produzca la sensación de luz).

6. Las ondas de luz tienen frecuencias y longitudes de onda que no son asumibles para un espectro auditivo humano, incluso si la luz se comportase como sonido. Esta traducción ajusta el fenómeno de la luz para las condiciones de acústica humana.

7. El concepto de luz blanca es subjetivo, y es resultado de un proceso de adaptación humana a la luz que recibe de su estrella, el Sol, que es un astro con una coloración amarilla debido a su configuración en cuanto a masa y tamaño dentro de la secuencia principal.

8. Los conceptos grafológicos han traducido el hecho de la escritura, el proceso de dibujar los trazos oportunos para componer letras y figuras, en ningún caso representan el proceso de lectura. Esto deberá configurarse a medida que se es aprendido este proceso inicial, tal y como haríamos de forma natural al aprender desde el punto de vista óptico. Es preciso la asunción de patrones para su posterior identificación.

9. Habiendo tenido en cuenta todas las afirmaciones anteriores, podemos determinar que nuestra propuesta como traducción de fenómenos ondulatorios como la luz y el sonido es válido y puede proporcionar una nueva herramienta de comprensión y estudio de la realidad.

6.2. APORTACIONES

La propuesta como traducción de luz a sonido y viceversa considera diversas aportaciones a los siguientes campos:

1. Magisterio: desde el punto de vista de la enseñanza, esta traducción luz-sonido podría ayudar a mejorar y fomentar nuevas técnicas enfocadas a una educación original, creativa e interactiva. Aparte, personas que presenten una discapacidad parcial o total del sentido visual podrían beneficiarse de esta traducción a la hora de mejorar su comprensión de la realidad, configuración grafológica y a la hora de construir mensajes y establecer nuevos sistemas de comunicación escriturales.

2. Arte: a partir de la sonificación de estímulos visuales atractivos como son los colores, podría favorecerse nuevas formas de arte digital, pudiendo aportar a los artistas una nueva vía de transmisión de experiencias, sentimientos y emociones mediante y durante la experiencia sonora. Podría considerarse un arte híbrido entre luz y sonido en el que las futuras actuaciones en directo de los artistas supusieran una demostración transsensorial mediante la realización de trazos o recorridos que impliquen los sentidos del oído y la vista.

3. Música: nuevas herramientas de percepción implican formas diferentes de expresar lo que se siente. La música, como arte en sí misma, podría ser expresada de forma cromática, ya no sólo desde una forma que implique sonido, sino también cromática de la luz. Podrían llegar a hacerse actuaciones en las que la música como protagonista se hibride con el color y tintes cromáticos formen parte de la composición así como la elección de unos estímulos cromáticos frente a otros. También la exploración de nuevos semitonos y su combinación para obtener traducciones a luz en forma de nuevas vías cromáticas de expresión. Diferentes combinaciones cromáticas que podrán sonar y ser escuchadas por un público que tendrá una experiencia más inmersiva de la obra.

4. Seguridad: a la hora de establecer nuevos códigos basados en la connotación por naturaleza de los colores: rojo-peligro, verde-bienestar, podrían establecerse vías de emergencia que estuviesen habilitadas para un colectivo mayor, o al menos, que difundieran el mismo mensaje a través de distintos canales de comunicación para que las posibilidades de éxito de recepción del mismo fuesen mayores. Además, el hecho de poder dibujar palabras mediante los trazos sonoros, escribir mensajes podría contribuir al desarrollo de la criptografía, pues, ya no sólo se trata de enviar un mensaje dentro de la propia onda, sino que, la onda podría ser el propio mensaje. La onda como objeto de la comunicación y no como vehículo de la misma.

5. Marketing y Publicidad: el hecho de que se puedan escuchar ahora colores también podría suponer una moda por parte de las campañas de publicidad en la que si viesen en

los colores sonoros una vía potente de transmisión de un mensaje acorde a su comunicación corporativa, podría surgir una nueva forma de entender la comunicación publicitaria. Podría incluso llegar a pagarse patentes por la atribución de determinadas coordenadas cromáticas sonoras, tal y como ya se hace desde el punto de vista visual.

6. Turismo: como forma de reclamo extranjero, a la hora de llevar a cabo una configuración arquitectónica que combinase la transmisión de los colores en las dimensiones sonoras y visuales. Una forma interactiva de sumergirte por la ciudad, escuchar colores, ver colores. Este apartado bien podría formar parte del plan de modernización de una urbe, acorde al concepto actual de *Ciudades Creativas*.

7. Espacio, ciencia y conocimiento: el ser capaces de sonificar elementos que nos son invisibles en la realidad o que sólo entendemos desde un punto de vista óptico podría ayudar a comprender mejor el funcionamiento de las ondas, su transmisión o su comportamiento en ámbitos en los que la luz nos resultaría insuficiente. También, para hallar explicaciones en nuevos procesos de traducción de la realidad que podrían dar lugar a respuestas completamente originales.

6.3. NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Esta propuesta presenta nuevas alternativas que podrían ayudar a mejorar el conocimiento y comprensión de las áreas que arriba mencionábamos, más concretamente, en los siguientes apartados o a través de los siguientes ejercicios que se proponen a continuación:

1. Magisterio

1.1. Aplicación que permita la enseñanza interactiva y dual de trazos a la hora de aprender grafomotricidad en niños como herramienta complementaria a la creada por Cuadernillos Rubio e incluso, podría ser de utilidad a la compañía esta forma de aprendizaje, mediante la realización y dibujo de trazos sonoros y visuales al mismo tiempo, ya que, podría ayudar a los niños a disfrutar a otro nivel, de una forma más interactiva mientras aprenden. Una aplicación que permita que ellos mismos con los dedos o con un bolígrafo táctil, puedan mejorar el trazo guiados por comandos visuales y eligiendo el color que ya no sólo se mostrará de forma visual sino alternativamente sonora (los colores sonarán o mostrarían el sonido correspondiente a la onda de luz resultante). Podrían ayudar a los más pequeños a la realización de trazos, a la mejora de la caligrafía, asimismo, a la identificación de patrones tanto visuales como sonoros. Esta identificación de una imagen con un sonido ya la desarrolló Richard Wagner a la hora de desarrollar el concepto del Leitmotiv. Este mecanismo de aprendizaje podría derivar en lo mismo haciendo que las

próximas generaciones ya no sólo concibiesen la realidad desde un punto de vista óptico sino también sonoro, creando una necesidad dual a la hora de percibir un mayor número de matices de la realidad.

1.2. Método de aprendizaje para personas invidentes, ya no sólo con la aplicación que sugerimos en el apartado anterior, sino también, como herramienta adaptada a personas que presentasen dificultades ópticas, a la hora de aprender una forma diferente de concebir el mundo óptico, de poder escribir con una herramienta alternativa como el sonido, que les permita, mediante el proceso de aprendizaje y de asunción de patrones sonoros, ser capaces de generar un entendimiento de la realidad y de su funcionamiento de una forma aproximada desde el punto de vista óptico. Podrían llegar a pintar cuadros a partir del conocimiento adquirido y con la ayuda de sonidos, a la hora de identificar los colores, para realizar composiciones y obras a partir de la percepción sonora, y, acorde, también, a la forma en que suenen mejor los colores sonoros, según su percepción de la realidad.

2. Arte

2.1. También como futura aplicación para proporcionar a las personas tanto que presenten o no dificultades ópticas, la posibilidad de realizar cuadros como en el apartado anterior comentábamos, o simplemente, ayudar a realizar obras compositivas que ya no sólo se muestren de forma visual sino también sonora. Una dualidad que buscaba Kandinsky en sus cuadros al llamarlas Composiciones. Podría llevarse a cabo una técnica dual entre arte plástico y digital. El sonido necesita de un medio digital, al menos si éste quiere ser elaborado, aunque también podría utilizar dispositivos que emitan al percibirse o mediante otro proceso analógico de interacción humana, la producción de coordenadas sonoras que correspondan con la de los colores como puede ser las teclas de un piano, si queremos que la producción de esos colores suenen “*amaderados*” o más etéreos a través de un instrumento como un triángulo adaptado a la producción de esa coordenada sonora concreta que emita un color traducido acústicamente. Puede que los cuadros del futuro estén acompañados de instrumentos que emitan coordenadas cromáticas al interactuar el espectador con el mismo como parte de la obra o como esencia de la misma.

2.2. Podría ayudar el sistema de colores sonoros o la traducción a sonido de grafomotricidad a la expresión de arte urbano digital, creando espacios alternativos basados en la inmersión 3D del artista y la visualización del espectador posterior, así como a la simultaneidad de éste con sonido. Las firmas de los artistas o los procesos de firmado de las obras de este carácter también conocidos como *graffiti* podrían ya no ser sólo con colores pigmentos, sino con sonoros, para transmitir más énfasis y como proceso de diferenciación entre unos y otros artistas. El sonido es el vehículo de la emoción, estamos adaptados a vivir con sonido y el sonido forma parte de nuestra vida, por lo que, vivir en un espacio anecoico supondría una sensación extraña en nuestra vivencia cotidiana. Por ello, este tipo de artistas podrían verse influenciados por esta nueva forma de expresión, ajustándola a sus propios intereses e incluso podrían llevar a cabo sólo la

realización óptica de trazos para convertirlos en una obra sonora con el sonido como parte primordial de los mismos. Esta herramienta de transformación de patrones de la naturaleza de la luz en sonido ha sido propuesta para que la gente pueda tenerla a su disposición, por lo que se podrían esperar nuevas formas de expresión, así como vías o maneras de crear arte digital y analógico.

2.3. Adaptación y traducción de cuadros y obras plásticas en museos a partir de la interpretación de los mismos por expertos plásticos, o eruditos conocedores de las obras de los diferentes artistas, profundizando en todo tipo de detalles para proporcionar a partir de esta herramienta propuesta a lo largo de la investigación: colores sonoros, trazos y sistemas de grafomotricidad, ubicación de los diferentes elementos manifiestos en las obras plásticas originales en los distintos planos sonoros mediante el sistema de pluralidad de ganancias. Posibilidad de ofrecer talleres de pintura creativa a partir de la herramienta sonora para enseñar a pintar cuadros con sonido o sonoros, de tal forma que cada uno pueda disfrutar del cuadro o el dibujo realizado de forma óptica a partir de los trazos sonoros. Ésta podría ser una nueva forma de promover y promocionar esta modalidad artística basada en las posibilidades del sonido. Por ejemplo, seleccionar paletas de colores, mezclarlos, darles más brillo o des-saturarlos mediante códigos acústicos como puede ser la atenuación de ganancia o la aportación de más luz o blanco sonoro. Desplazamiento de las coordenadas cromáticas acústicas que han sido traducidas del espectro visible de la luz para obtener una tonalidad u otra. Por ejemplo: si hemos seleccionado un rojo más oscuro podemos aplicar una base de blanco sonoro al fusionar ambas muestras sonoras al combinarlas como un sonido complejo de dos ondas, una fundamental (el color original) y el armónico o secundario (color blanco). O también desplazando la tonalidad sonora de un espectro sonoro más próximo a lo que correspondería según esta traducción a un azul índigo a un cian, aclarando la tonalidad. Y por supuesto, siendo capaces de observar cómo se muestra la percepción visual atendiendo a gustos estéticos y cómo se manifiesta en sonido, si coinciden o si por el contrario difieren entre sí.

3. Música

3.1. Para los músicos, ser capaces de conocer la tonalidad de las notas musicales quizá podría en un principio generar cierto desacuerdo, sobre todo entre los sinestésicos o los que hubiesen asumido en un principio para cada nota un color luz diferente al que en esta propuesta se lleva a cabo. Y sería perfectamente entendible, ya que, como hemos comentado en epígrafes asociados a la discusión, la luz será luz y el sonido seguirá siendo sonido. Esta traducción es una propuesta, al igual que las nuevas líneas de investigación o de desarrollo que aquí se exponen, por ello, podrá haber personas que estén en mayor o menor medida de acuerdo con la traducción por motivos poéticos o simplemente porque habrían hecho la traducción de otra manera. La traducción es igual de buena que cualquiera de las opiniones o posibilidades, ya que, nuevamente la luz será luz, el sonido, sonido. Dicho todo esto, también es cierto que habrá músicos que se interesen por esta

forma de relacionar luz y sonido o colores y música ya que entendiendo la esencia de la traducción propuesta en este estudio, podrían llevar a cabo el futuro de sus melodías tomando como aspecto de referencia esta correlación entre notas musicales y colores luz. Saber a qué tonalidad pertenecería un “La en cuarta” podría inspirar a músicos a generar cuadros cromáticos en sus composiciones musicales o a analizar sus propias composiciones en base a valores de medio, intensidad y direccionalidad sonora, así como conceptos más subjetivos como pueden ser la intención.

3.2. Además, utilizando la guía cromática de color-notación musical podrían llevar a cabo estudios sobre análisis de partituras musicales para estudiar el color al que corresponderían la mayoría de las partituras de antiguos maestros como Beethoven, Haydn, Mozart, Vivaldi.... Conocer la colorimetría de cada una de las melodías podría hacernos entender si desde el punto de vista óptico, las melodías resultan aún más atractivas debido a la combinación y elección de unas notas u otras, colores luz traducidos a sonoros u otros. Si en su elección sonora, podría existir también una fundamentación inconsciente basada en consideraciones ópticas.

3.3. Por último, los músicos tendrán que hacer un ejercicio por desvelar cuál es el color o pseudocolor perteneciente para cada una de las notas musicales que conforman las octavas que se encuentran por encima o por debajo de la que correspondería con el espectro visible de la luz en esta traducción propuesta a sonido. Esto es debido a que en la música se juega con más sonidos, con más intensidades, por lo que, quedarse reducido a una pequeña parte de todo el espectro musical dejaría muy poco margen de actuación. Para esto podrían fijarse en el fenómeno de la luz, que, a pesar de que aumente o disminuya en frecuencias (tal y como lo hace el sonido en agudo o grave, respectivamente), la luz sigue siendo luz, sólo varía la interacción que ésta tiene con la materia.

4. Seguridad

4.1. Si bien la seguridad ha sido una facultad necesaria para el bienestar de las personas, esta traducción propuesta de la luz a sonido podría prever una mejora en la calidad de vida social ya que a mayor número de canales, mayor será la posibilidad de llegar al fin comunicativo o la recepción del propio mensaje. Si el mensaje tiene que ver con la transmisión de una información relacionada con la seguridad, las posibilidades de mejorar la sensación de control y de tranquilidad y serenidad en el colectivo, aumentarán. Esta traducción podría mejorar los sistemas relacionados con la evacuación o el desalojo del personal hacia un lugar seguro a partir de los códigos cromáticos básicos de rojo-peligro, verde-bienestar. Si los mensajes relacionados con el desalojo o el paso correcto para una adecuada evacuación no sólo se transmiten desde un punto de vista óptico sino, además, desde uno sonoro, la información será capaz de receptarse con un mayor porcentaje de éxito. Por ejemplo, en una sala oscura habría lugares en los que si hay un obstáculo u objeto que bloquee el paso de la luz desde la fuente hasta la posición del observador, la el observante no será capaz de recibir la señal visual pero sí sonora, ya que las ondas del sonido viajan de forma longitudinal; es decir, con el choque de unas moléculas con otras

presentes en el medio. Una señal acústica tendrá mayor índice de éxito que una luminosa en este sentido. También es cierto que una luminosa contrasta más y se hace más perceptible que una acústica desde el momento en que se recibe, pero, si disponemos de nuevas herramientas o alternativas por si el mensaje óptico falla, mayor será la sensación de seguridad. Por ello, una futura línea de investigación podrían ser los pasos habilitados multisensoriales basados en una multiexperiencia perceptiva no sólo visual o acústica, sino también tangible, ya que, cuantos más canales, mayor porcentaje de recepción y más universalidad de comprensión de un estímulo. No obstante, todos los mensajes deberán estar perfectamente coordinados y previamente deberán haber sido aprendidos por los espectadores o asistentes al evento ya que como ocurre con los códigos de color, un estímulo cromático que no ha sido previamente documentado, asimilado, conocido o enseñado al que lo recepta, no percibirá ningún tipo de estímulo que le indique qué hacer o cuál es la situación en cada momento. Todos los mensajes, al precisar de un código, necesita ser pautado, entendido, asimilado y pactado por las dos partes (el que emite y el que recibe), para que esa comunicación sea efectiva.

4.2. La seguridad no sólo tiene que ver con el aspecto anterior, o las personas físicas sino también con las jurídicas. Esta forma grafológica de modular las ondas a partir de las variables de ganancia y de panoramización con un fin comunicativo concreto permiten no sólo ayudar en el aprendizaje sino también a la hora de encriptar códigos o mensajes si se son capaces de decodificar. Esto es, para el que oye las ondas podrían ser sólo ondas en sí mismas, pero si el destinatario a recibirlas dispone de un mecanismo pactado con el que emite el mensaje, podría receptorlas al conocer que la modulación de las mismas podría formar parte de un protocolo que procura la verbalización de un mensaje gráfico sonoro. Para la seguridad de una compañía o en los campos de seguridad nacional podría ayudar a mejorar el sistema de encriptación de señales ya que, si desencriptar mensajes que aportan ondas puede resultar complicado, desencriptar el mensaje que no es llevado sino que forma parte de la onda por su configuración, podría resultar aún más complejo de generar y de descifrar. Además, al ser la onda la que tiene que ser configurada y no el mensaje dentro de la onda, el recurso de las ondas es infinito y, de hecho, se podría configurar esta modulación de ondas para cualquier tipo de éstas, ya sea de forma acústica, o si bien, de forma electromagnética, ya que, como comentábamos antes, todas ellas disponen de dirección e intensidad (panoramización y ganancia, respectivamente). Por lo que cada mensaje podría ser enviado de infinitas formas o de tantas formas como ondas existan (siempre y cuando no supongan ningún perjuicio para la salud de las personas ni los seres vivos).

5. Marketing y Publicidad

5.1. Si disponemos de más canales comunicativos para transmitir un mismo mensaje, podremos conseguir un mayor índice de éxito a la hora de recibirlo, por parte de nuestra audiencia. Esto es lo que comentábamos en la primera parte de la seguridad, relacionada

con las personas, salvo que esta vez el fin del mensaje no es advertir de un peligro sino de un mensaje corporativo, publicitario, mercantil, etc.... El diseño de nuevas campañas publicitarias, la composición de los llamados “jingles” podrían verse influenciados por esta traducción de color a sonido. Por ejemplo, una empresa en el que un color determinado sea casi más importante que la propia marca podría incluso pagar por permisos de exclusividad sólo para que ese espectro acústico asociado a la señal cromática óptica con la que se identifica se fusione con la ya preestablecida de forma visual generando un todo o un mismo mensaje en diversas plataformas o soportes de transmisión. El hecho de que esa compañía sea la única que pueda utilizar ese espectro de frecuencia o identidad corporativa sonora podría producir un mercado primordial de licencias y concesiones indefinidas o limitadas para el uso de una frecuencia sonora determinada en exclusividad para una compañía, también determinada. No obstante; esta traducción debería conocerse y probarse primero en cuanto a conceptos de eficacia y eficiencia, para determinar una decisión por parte de las compañías.

6. Turismo

6.1. El turismo es una parte esencial de la economía de un país, tal como España, por lo que una iniciativa única y exclusiva que fomentase un aumento de la migración a nuestro país no sólo por motivos del conocido como “*sol y playa*”, sino que permitiese una recepción de colectivo extranjero durante gran parte del año, ayudaría bastante a mejorar y dar a conocer la marca de nuestro país. Un turismo “*cultural*” promueve esa forma de entender universal y durante todo el año, por lo que, por qué no promoverlo. Esta traducción a sonido y a colación con el apartado del arte, podría contribuir a la creación de entramados cromáticos ópticos y sonoros que al combinarse puedan dar lugar a esculturas o edificaciones que hagan de una ciudad un lugar más atractivo que visitar. Esto tiene un problema y es la contaminación lumínica y acústica. Una forma de tratar de afrontarla es con el uso de dispositivos interactivos, ya sean a través de móviles inteligentes o tabletas o con el internet de las cosas. Mediante códigos QR o Bidi podrían disfrutar de los extras digitales que supondrían una contaminación óptico-sonora si se expusieran de forma real y constante. De esta forma el que tiene el dispositivo genera para sí una interacción digital que disfruta por sí mismo, sin interrumpir o alterar de forma lumínica o acústica el entorno que le rodea. Por ejemplo, si quisiera disfrutar de obras arquitectónicas que se construyesen para tal fin o la digitalización e hibridación de obras escultóricas o arquitectónicas analógicas, simplemente, conectando su dispositivo al enlace Bidi que apareciese en el panel informativo que acompaña el recinto escultórico, podría visualizar el contenido digital asociado a los colores ópticos o sonoros que envuelven la figura observada. Así como animaciones visuales que fuesen acompañadas por sonido.

6.2. También podría existir un turismo especializado y adaptado para personas invidentes, adaptando todos los espacios para hacer un recorrido que permita el disfrute de la ciudad sin necesidad de ser visualizada de forma óptica sino sonora, a partir del reconocimiento

de patrones sonoros tales como los colores sonoros traducidos a partir de la luz, o trazados. En museos de arte plástico podría existir una reconstrucción sonora a partir de los cuadros plásticos mediante la ubicación de planos que se comentaba anteriormente, una forma de adaptar un código plástico a sonido, utilizando el mismo sistema de transmisión de un mensaje: puntos de fuga, centros de interés, gradientes de tamaño, perspectiva cromática....

7. Espacio, ciencia y conocimiento

7.1. A la hora de estudiar en profundidad el comportamiento de las estrellas o el fenómeno Doppler de una forma más cercana al entendimiento, ya que el sonido proporciona esa proximidad a la hora de comprender fenómenos relacionados con las ondas. Se podrían llegar a conclusiones de una forma más rápida y eficaz al sonificar procesos que de una forma óptica nos cuesta más entender. Muchas veces dependemos del fenómeno de la luz para ser capaces de conocer un fenómeno, ligamos su existencia en base a si podemos ver o no un fenómeno. Esto ha ocurrido muchas veces con el tema de los agujeros negros, de los que ha existido una evolución que partía de la creencia de su inexistencia hasta la certeza de todo lo contrario. También se podría, traduciendo los fenómenos de la luz como en el caso de los agujeros negros, fomentar un mejor entendimiento en el comportamiento de los mismos, saber cómo se comporta la luz próxima a ellos y cómo se distorsionan el resto de ondas al ser expuestos a un campo gravitacional muy intenso.

7.2. Tratar de explicar el Universo de una forma más sencilla, procesos que con sonido facilitarían su aprendizaje. Por ejemplo, las estrellas de neutrones son conocidas por ser pulsos intermitentes de ráfagas de luz en forma de ondas de radio cada ciertos períodos de tiempo. Los faros del Universo, también conocidos como púlsares. Sonificar la experiencia radioeléctrica, así como su movimiento puede ayudarnos a visualizar mejor este fenómeno y su comportamiento.

7.3. Registrar partes o áreas del Universo de forma sonora tal y como se haría de forma visual para poder comprender de una forma más aproximada el comportamiento de fenómenos que implican una comparativa basados en escalas de tiempo para percibir elementos como cambios en la estructura del cosmos que, de otra forma, nos resultaría más difícil de percibir. Regiones de materia oscura, el funcionamiento de la energía oscura, modelos de predicción astronómica, etc.

7.4. Por último, de una forma artística, mostrar de manera curiosa y original cómo se comportan las galaxias, o qué encierran los diferentes elementos que conforman nuestro Universo a partir de la sonificación de datos que han sido recogidos por instrumentos de medición. Mediante la posibilidad de ubicar en el plano sonoro diferentes elementos como galaxias, quasars, etc; somos capaces de comprender elementos e ir más allá de lo que perciben nuestros ojos. Sonificar regiones del Espacio puede abrir las puertas a la comprensión y el descubrimiento de nuevos procesos que se hallan en él.

7. APLICACIONES

7.1. APLICACIONES TEÓRICAS

Desde el punto de vista académico, esta investigación ha propuesto la traducción de fenómenos relacionados con la luz en sonido. Es por ello que se derivan las siguientes aplicaciones o posibilidades para una próxima investigación.

Según el todo de nuestro ámbito desde el punto de vista de la comunicación, la propuesta llevada a cabo en esta investigación, propone:

- Vías de transmisión de la información basadas en la configuración de las propias ondas a la hora de describir caracteres o figuras que unifiquen un mensaje unívoco.
- Formas descriptivas a la hora de enunciar un color. Podríamos llegar a utilizar facultades sonoras para relatar las características de un color, profundizando en el estudio de cada uno y ampliando su forma de ser percibido por la sociedad, desde otro punto de vista.
- Alternativas en cuanto a la construcción sonora, nuevas gramáticas sobre cómo construir una melodía o una composición acústica.
- Sistemas de educación musical basadas en la comparativa entre frecuencias de las notas musicales y los colores, descripciones y pautas musicales más detalladas a la hora de definir una percepción subjetiva que podría ayudar a directores de orquesta a la hora de comunicarse con los instrumentistas a la hora de expresar indicaciones en base a cómo interpretar una pieza sinfónica determinada.
- Terminología referida a los colores en el campo del arte para describir una sensación sinestésica basada mediante esta propuesta o traducción, en un sentido más académico.
- Posible unificación en las descripciones y percepciones de los colores desde el punto de vista sonoro o musical. Ya no se hablaría de interpretaciones diferentes, sino de un referente que unifica un fenómeno sinestésico basado en la traducción de unos fenómenos empíricos que comparte ciertos puntos en común.
- Desde el punto de vista poético o literario podrían hallarse nuevas fórmulas de expresión para definir estados emocionales al poder hablar así de sensaciones sinestésicas que ya se habrían universalizado por su sentido empírico y que se han propuesto a partir de esta investigación. De forma que un color podría ser descrito mediante características acústicas para denotar otro tipo de sensaciones y de resultados en el lenguaje.
- Procedimientos que permitiesen configurar en el tema relacionado con las ondas en general un uso o aplicación de terminología que se suele utilizar en el campo acústico para expresar una idea compleja de una forma más descriptiva y próxima a la realidad.

7.1. APLICACIONES PRÁCTICAS

Basándonos en la misma finalidad que en el apartado anterior, las siguientes aplicaciones propuestas estarán relacionadas con el campo de la comunicación. Por ello, desde un punto pragmático se exponen las siguientes posibles vías de desarrollo derivadas del estudio llevado a cabo:

- Si somos capaces de configurar ondas para que éstas, de una forma morfológica, adquieran formas que se asemejen a procesos gráficos como enunciábamos en otros apartados, podríamos, mediante programas concretos, adecuar o establecer perfiles comunicativos sobre ondas para crear mensajes cifrados, basándonos en una frecuencia y longitud de onda determinadas dependiendo de la tipología para la que se vaya a utilizar este tipo de transmisiones. Se podrían tomar pautas llevadas anteriormente para la encriptación y desencriptación de mensajes, aparte de utilizar esta nueva técnica de configuración de la onda a partir de panoramización o desplazamiento de la misma por un espacio y ganancia o intensidad o altura de la misma siguiendo la misma definición de configuración de un espacio. Este tipo de transcripciones no sólo podrían llevarse a cabo con ondas sonoras, sino también con electromagnéticas ya que la finalidad del mensaje no se haya en lo que se escucha sino en lo que se representa con la onda en sí misma.

- Basándonos en el área del aprendizaje, los maestros podrían contar con aplicaciones para tabletas en las clases que permitan, siguiendo las directrices del profesor en una pizarra virtual, hacer que los alumnos sigan el mismo orden de trazos y conocer si algún trazo realizado por algún alumno no es correcto, por el sonido. Esto es, si el trazo realizado sigue las directrices que indica el profesor, el trazo realizado por el alumno sonará de la misma forma, pero, si por el contrario se desviara el trazo del alumno o finalmente no llegase a cabo un recorrido aproximado al del profesor, entonces, el sonido provocado por el mismo no sería exactamente el mismo. Aunque para hacerlo más perceptible se podrían utilizar tonos sonoros que, cuando el alumno al hacer el recorrido, si se saliese del orden o de la plantilla a seguir pudiera indicar el ápice del error haciendo que todos los alumnos a la vez puedan conocer si están llevando a cabo bien el ejercicio o no, además del profesor. Podría ser una forma divertida, interactiva y una herramienta que conectase aún más al alumno con el profesor y viceversa, ya que, gracias a la experiencia sonora, el profesor sabría en todo momento si sus alumnos siguen el ejemplo o si por el contrario se habrían equivocado en alguna parte, sin necesidad de estar detrás de ellos. Sería una forma de estar en todo momento pendiente sin estar encima de cada uno de los alumnos.

- En el campo del arte, el hecho de generar una aplicación digital podría servir para poner a disposición de una herramienta con la que crear arte plástico, basado en la experiencia del sonido. También podría utilizarse un equipo de realidad inmersiva en el que el propio artista, con el uso de gafas 3D, cascos o auriculares y un equipo de sensores digitales que recogiesen el movimiento de las manos y un soporte o plataforma digital 3D virtual sobre la que trabajase, combinase sonido e imagen a la hora de realizarse trazos para que el resultado final mostrase un arte fruto de la hibridación entre la experiencia óptica y acústica digital. Podría esta vía convertirse en un nuevo sistema que revolucionase el

mundo del arte. También la creación de arte digital basado en un cuadro o retrato visual y en otro sonoro que, mediante una gramática alternativa, reflejase lo mismo que se expone en la plasticidad de la composición visual, en sonido. De esta forma podríamos ser capaces de disfrutar de una experiencia multisensorial con un doble canal comunicativo.

- En el apartado musical, el descubrimiento de nuevas técnicas de expresión musical a partir de la experiencia cromática proporcionada por el campo visual y de la luz, así como por la configuración de los espacios ópticos en sonido, podría dar lugar a la creación de nuevos sistemas ecoicos que facultasen a los músicos e instrumentistas a nuevas ideas de experimentación musical y colorimetría en un único sentido. Quizá la aplicación comunicativa sea una de las más teóricas por el hecho de que la música parte desde un origen sonoro, por lo que su traducción permite enlazar su realidad con la de la luz. El hecho de correlacionar ambas dimensiones mediante una propuesta basada en la traducción de fenómenos empíricos podría determinar una nueva rama de estudio que tuviese como objeto la música y el color. La forma en que uno puede afectar al otro y las nuevas formas de combinación musical basadas en su traducción al modo óptico o visual; por ejemplo: diseño de instrumentos basados en las dinámicas de la luz según los comportamientos de ésta, como onda. Podría llegar a visualizarse cómo sonarían los colores a la hora de utilizarse como medio de transmisión un instrumento de madera, viento o cuerda. Se podrían analizar los semitonos que intervienen en ciertos instrumentos como el violín, para determinar el color de sus cuerdas, así como crear nuevos instrumentos que tengan su finalidad en la emisión de unos determinados colores sonoros al entrar en funcionamiento. También se podría estimar el desplazamiento de la tímbrica de ciertos instrumentos al ser comparados con otros, a la hora de determinar la escala sobre la que trabajan y por ende, su color emitido. En otro sentido, a la hora de diseñar audio digital, el hecho de trabajar con sonido de la forma con la que se haría con luz para magnificar su eficiencia energética podría derivar en resultados musicales diferentes en cuanto a tímbrica y composición (ingeniería musical). Podría, además, durante los espectáculos en los que se implique el diseño de imágenes y luces, como en el ámbito de la música electrónica, la iluminación o proyección de los colores que se estaría emitiendo de forma sonora, simultáneamente.

- Por último, se podrían crear telescopios sonoros que determinen la posición de los cuerpos estelares en un Universo recreado a partir de la técnica acústica. Un Universo recreado y disponible en bases de datos universales de forma sonora para determinar facultades invisibles al ojo. Dichos telescopios no enfocarían la luz hacia el espacio real, sino de manera digital hacia un lugar que ha sido diseñado por supercomputación de manera acústica, y que tratarían de seleccionar mediante el uso de programas y aplicaciones astronómicas, ciertas regiones del Espacio para amplificar la señal y decodificarla en diversos espectros auditivos recreados, estudiando su naturaleza y simulando su evolución.

Todo progreso implica seguridad y mejora del bienestar actual, un uso responsable de las nuevas técnicas y la instrucción de nuevas facultades tecnológicas. En el momento en que un avance suponga un retroceso o perjuicio, éste dejará de ser lo que era en un principio y se convertirá en la antiesencia de lo que una vez se creó con otro propósito.

La tecnología no es buena ni es mala, somos las personas las que determinamos su uso, las que debemos conocer sus utilidades y riesgos, por lo que, la ética nos dice que todo avance es por y para preservar el Planeta, mejorar el conocimiento y ayudar a la Humanidad a encontrar respuestas. Éste debería ser el resultado de todo proceso de investigación.

8. FUENTES

8.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brown, G. (2018). *How Olivier Messiaen heard in colour*. Mark Rowan-Hull. Reposted from www.timesonline.co.uk. Mark Rowan-Hull. (<http://www.rowan-hull.com/the-man-who-heard-colour/>).

Gray, David. F. (2005). *The observation and analysis of of stellar photospheres*, New York, E.E.U.U., Cambridge University Press.

Hecht, E. (2000). *Óptica* (Tercera ed.). (I. CAPELLA, Ed.) Madrid: Adisson Wesley Iberoamericana. Recuperado el Mayo de 2016.

Kandinsky, W. (1989). *De lo espiritual en el arte*, México, Premia Editora de libros.

Larson, B. (2018). Gauguin: Vitalist, Hypnotist. Gauguin's Challenge: New Perspectives after Postmodernism, 179.

Montwill, A. y Breslin, A. (2008). *Let There be Light, the Story of Light from Atoms to Galaxies*. University College Dublin. Ireland: Editorial Imperial College Press.

Morgan, M.M., Keenan, P. C., Kelman, E. (1943). *An Atlas of Stellar Spectra. With an Outline of Spectral Classification*. Chicago, (Il.) E.E.U.U, The University of Chicago Press.

Wolframalpha. (Consultado: 20 de mayo de 2019). *Wolframalpha: Visible light*. Wolframalpha. (<https://www.wolframalpha.com/input/?i=visible+light>).

8.2. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA (LIBROS Y DOCUMENTOS UTILIZADOS Y NO CITADOS, LIBROS DE INTERÉS Y NUEVOS)

Alda, J. (2015). Año internacional de la luz 2015. La lente oftálmica como instrumento de precisión. Madrid. Celebración el 11 de Enero de 2016.

Alda, J. (2015). Año internacional de la luz. La luz como herramienta de medida. Madrid. Celebración el 19 de febrero de 2016.

Alda, J. (2015). Año internacional de la luz. Nuevos sistemas ópticos aplicados a la automoción. Madrid. Celebración el 22 de enero de 2016.

Augoyard, J. F., Torgue, H. (Ed.) (2005). *Sonic Experience, a guide to everyday sounds*, Québec, Canada, McGill – Queen's University.

Baierlein, R. (1992). *Newton to Einstein: the trail of light: an excursion to the wave-particle duality and the special theory of relativity*. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.

Blessner, B., Salter, L.R. (2009). *Spaces speak, are you listening?* Massachusetts, E.E.U.U., MIT.

Boscarol, M. (18 de Octubre de 2007). Imagen Digital. Obtenido de Apuntes sobre diseño y artes gráficas.

Cage, J., Kirby, M., Schechner, R. (1965). An interview with John Cage. *The tulane drama review*, 10(2), 50.

ConvertUnits. (Consultado en 2019). ConvertUnits.com. (<https://www.convertunits.com/from/hertz/to/terahertz>).

Cox, C., Warner, D. (Ed.) (2006): *Audio Culture, readings in modern music*. Nueva York, E.E.U.U., The Continuum International Publishing Group Inc.

Cytowic, R. E., Eagleman, D. M. (2011). *Wednesday is indigo blue: Discovering the brain of synesthesia*, Cambridge, Reino Unido, MIT Press.

DeLio, T. (1996). *The Music of Morton Feldman*, Nueva York, E.E.U.U., Excelsior Music Publishing Company.

Desh, Fernando (2011): Vídeo: Entrevista a Neil Harbisson, el primer ciborg reconocido por un gobierno. Educación contra Corriente.

Düchting, H., Kandinsky, W. (2000). *Wassily Kandinsky, 1866-1944: A Revolution in Painting*, Los Ángeles (CA), E.E.U.U., Taschen.

Fernández Morales, J. I. (2013). 90 Disonancias: El fenómeno físico-armónico. 90 Disonancias. (<https://90disonancias.com/2013/12/375/el-fenomenofisico-armonico/>).

Fernández-Cid, P. (2013). Hispasonic. (<https://www.hispasonic.com/tutoriales/consonancia-disonancia-fisicacultura-raicesmusica/38282>).

Gawboy, A. (2010). *Alexander Scriabin's theurgy in blue: Esotericism and the analysis of "Prometheus: Poem of Fire" op.60*. Yale University.

Gibbs, T. (2007): *The fundamentals of sonic art & sound design*. New York, Ava Academia.

González Castañeda, E. F., Torres García, A. A., Reyes García, C. A., & Villaseñor Pineda, L. (2014). Sonificación de EEG para la clasificación de palabras no pronunciadas. *Research in Computing Science*, 74, 61-72.

Harbisson, Neil. "I listen to color." TEDXTalk, http://www.ted.com/talks/neil_harbisson_i_listen_to_color (2012).

Heller, E (2010). *Psicología del color. Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL.

- Honour, H. (2018). *Romanticism*. Routledge.
- ISO (s.d.). (1999). ISO Online Browsing Platform (OBP). Recuperado el 6 de Mayo de 2016, de ISO 16508: 1999 (en) Road traffic lights - Photometric properties of 200 mm roundel signals: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:16508:ed-1:v2:en>
- Kahn, D. (2001): *Noise. Water. Meat, a history of sound in the arts*. Massachusetts.
- Lobato Morchón, R., Lahera Forteza. A. (2007). *4º de Secundaria. Lengua castellana y literatura*, serie trama, Madrid, Oxford.
- Maña, A., & Pujol, G. (2008, March). Towards formal specification of abstract security properties. In 2008 Third International Conference on Availability, Reliability and Security (pp. 80-87). IEEE.
- Martínez, I., Soldevila, R., Parés, J. (Dirección). (05 de junio de 2013). En un Xip Multicolor. La Vida de Neil Harbisson [Documental]. España: Universitat de Vic. Recuperado el 06 de mayo de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=Rk041s6Nnk0>
- Rene, G.; Mariano, R. (4 de noviembre de 2016). Paul Gauguin. “El pincel”, con lienzo. <https://elpincelconlienzo.wordpress.com/2016/11/04/paul-gauguin/>
- NASA - National Aeronautics and Space Administration (s.d.). (15 de Noviembre de 2011).
- NASA - National Aeronautics and Space Administration. Recuperado el 6 de Mayo de 2016, de What wavelength goes with a color?: http://science-edu.larc.nasa.gov/EDDOCS/Wavelengths_for_Colors.html
- Nicolás, F.R. (1988). *Unidad didáctica 101, colorimetría*, Madrid, España, 10RTV.
- Nightlase (s.d.). (s.f.). Nightlase. Recuperado el 15 de abril de 2016, de Theory of Light. What is light?: <http://www.nightlase.com.au/education/optics/light.htm>
- P. García, D. (2016). Hablemos de física. Física cuántica: la tecnología del futuro. Madrid. Celebración el 16 de marzo de 2016.
- Quate, C. F., Wilkinson, C. D. W., & Winslow, D. K. (1965). Interaction of light and microwave sound. *Proceedings of the IEEE*, 53(10), 1604-1623.
- Recuero, M. (1995): *Ingeniería acústica*, Madrid, España, Paraninfo.
- Robertson, A. R. (1968). Computation of correlated color temperature and distribution temperature. *JOSA*, 58(11), 1528-1535.
- Salgado, C. (2016). *Imagui: Teclados para dibujar*. Imagui. (<http://www.imagui.com/a/teclados-pianos-para-dibujar-cG6rGqAgj>).

Sounds Market. (Consultado en 2019). Los tres “must” de Netflix que todo DJ debería ver. (<https://soundsmarket.com/documentales-dj-netflix-avicii-kygo-martin-garrix-carl-cox/>).

Sterne, J. (2003). *The Audible Past, cultural origins of sound reproduction*, Durham, Duke University.

The physics classroom (s.d.). (s.f.). The physicist classroom. Recuperado el 6 de Mayo de 2016, de Light waves and color - lesson 2 - color and vision. The electromagnetic and visible spectra: <http://www.physicsclassroom.com/class/light/Lesson-2/The-Electromagnetic-and-Visible-Spectra>

The physics classroom (s.d.). (s.f.). The physics classroom. Recuperado el 03 de junio de 2016, de Waves-lesson 1- the nature of a wave. Categories of a wave: <http://www.physicsclassroom.com/class/waves/Lesson-1/Categories-of-Waves>

Tye, M. (2017). *Qualia*. Standfort Encyclopedia of Philosophy. (<https://seop.illc.uva.nl/entries/qualia/>).

University of Manitoba [CA] (s.d.). (s.f.). University of Manitoba [CA]. Recuperado el 04 de junio de 2016, de Properties of sine waves: <https://home.cc.umanitoba.ca/~krussll/phonetics/acoustic/sine-properties.html>

Vallejo, J. (s.f.). Tutoriales de photoshop. Recuperado el 04 de junio de 2016, de Los colores primarios aditivos (RGB) y sustractivos (CMYK): <https://tutorialesphotoshopcs5.wordpress.com/2012/09/27/los-colores-primarios-aditivos-rgb-y-sustractivos-cmyk/36>

Voegelin, S. (2010). *Listening to noise and silence, towards a philosophy of sound art*, New York, Continuum.

V. Maur, K. (1999). *The sound of painting, music in modern art*, Munich, London, New York, PRESTEL y PEGASUS Library.

W. Meyer, G. (1986). The visual computer. Obtenido de Tutorial on color science: http://zach.in.tu-clausthal.de/teaching/cg_literatur/tutorial_on_color_science.pdf

WolframAlpha. (Consultado: 29 de octubre de 2014). WolframAlpha widgets. Recuperado el Mayo de 2016, de Convert wavelenght to color: <http://www.wolframalpha.com/widgets/view.jsp?id=23c041a005eec913db5a74171ea72e63>

