

CALCULO DE CURVAS NC EN TERCIOS DE OCTAVA Y SU APLICACIÓN PRÁCTICA

PACS: 46.66.Lj

García García, Ricardo
dBelectronics

Tomas Cerdá, s/n. Parque Tecnológico de Boecillo
47151 Boecillo. Valladolid. España

Tel. 00 34 983 631 003 Fax. 00 34 983 631 004

E-mail. ricardo.garcia@dbelectronics.es

Web. www.dbelectronics.es

ABSTRACT

Within the field of Acoustic Engineering is used very often called Curves NC (Noise Criterion Curves). Created by Leo Beranek, these curves are the most popular to evaluate the background noise of an enclosure. Although print after more than 50 years (dating from 1958) are still a benchmark in most Acoustical Projects. In this regard, the so-called spectral sound limiter, devices that control the emission of commercial loud music endowed guarantee the level of noise transmitted to households using these curves. The problem lies in the fact that it is expressed in octaves, while the calculations made sound limiters are made in third octave. This article describes, therefore, a method of calculating the NC curves third octave.

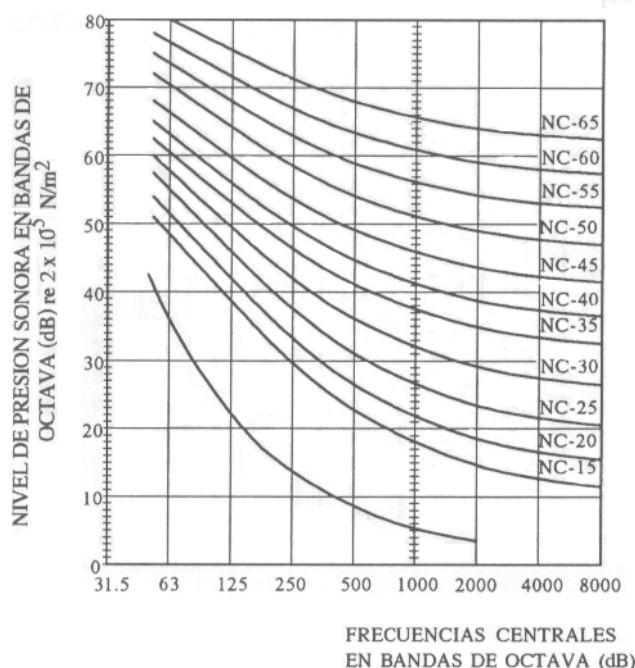
RESUMEN

Dentro del campo de la Ingeniería Acústica se utiliza con mucha frecuencia las denominadas Curvas NC (Noise Criterion Curves). Creadas por Leo Beranek, estas curvas son las más populares para evaluar el ruido de fondo de un recinto. Pese a que fueron publicadas hace más de 50 años (datan de 1958) aún son un referente en la mayoría de los Proyectos Acústicos. En este sentido, los denominados limitadores de sonido frecuenciales, dispositivos que controlan la emisión ruidosa de los locales comerciales dotados de música, garantizan el nivel de ruido transmitido a las viviendas haciendo uso de estas curvas. El problema radica en el hecho de estar expresadas en octavas, mientras que los cálculos que realizan los limitadores de sonido se realizan en tercios de octava. En este artículo se detalla, pues, un método de cálculo de las curvas NC en tercios de octava.

1. INTRODUCCION

Las curvas NC son un método de evaluación del ruido desarrollado por Leo Beranek. Este método relaciona el espectro de ruido con la influencia que pueda tener en la comunicación hablada, para lo que se toma en cuenta los niveles de sonoridad y los niveles de interferencia en la palabra, definiendo el nivel de ruido máximo que debe poseer el espectro de ruido por banda de frecuencia. Al comparar el espectro de ruido medido con las curvas NC, el valor NC correspondiente es igual a la curva superior más inmediata a la que el espectro medido es tangente.

Las curvas originales se representan en la siguiente gráfica:



Y los valores numéricos concretos en la siguiente tabla:

Curva \ Frecuencia	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
NC 15	47	36	29	22	17	14	12	11
NC 20	51	40	33	26	22	19	17	16
NC 25	54	44	37	31	27	24	22	21
NC 30	57	48	41	35	31	29	28	27
NC 35	60	52	45	40	36	34	33	32
NC 40	64	56	50	45	41	39	38	37
NC 45	67	60	54	49	46	44	43	42
NC 50	71	64	58	54	51	49	48	47
NC 55	74	67	62	58	56	54	53	52
NC 60	77	71	67	63	61	59	58	57
NC 65	80	75	71	68	66	64	63	62
NC 70	84	79	75	72	71	70	68	68

En algunas aplicaciones prácticas es útil trabajar con dichas curvas expresadas en bandas de tercios de octava, como por ejemplo a la hora de calcular el espectro de emisión máxima que tendrá la música de un local de ocio. En este caso, los dispositivos que se utilizan para controlar la emisión musical, los limitadores de sonido, trabajan de forma espectral en bandas de tercios de octava, como exigen la mayor parte de las normativas, cumpliendo en todo caso la directiva:

$$\text{Espectro de emisión} < \text{Espectro de transmisión} + \text{Curva NC}$$

En algunas ocasiones, el espectro de transmisión puede sustituirse por el aislamiento acústico del local, pero debemos tener en cuenta los errores que se cometerán en dicho cálculo, fruto del método normalizado que se utiliza para determinar el aislamiento acústico de un local y que difiere sustancialmente de las condiciones reales de emisión de ruido dentro del local.

Los limitadores de sonido que trabajan de forma espectral mantienen la emisión frecuencial de la música por debajo de los niveles que producen molestias, de acuerdo a los criterios establecidos en la ecuación anterior y garantizando en todo momento el cumplimiento de la normativa.

Queda, por tanto, justificado el cálculo exhaustivo de dichas curvas en bandas de tercios de octava y su ampliación a los niveles globales de ruido que exigen actualmente leyes y ordenanzas.

2. METODOLOGIA DE CÁLCULO

Como se comentó en el anterior apartado, las curvas NC son un método que relaciona el espectro de ruido con la influencia que pueda tener en la comunicación hablada, para lo que se toma en cuenta los niveles de sonoridad y los niveles de interferencia en la palabra. Por consiguiente, en el cálculo de las curvas NC en tercios de octava se deben cumplir las siguientes condiciones:

1. Conservar la forma original de las graficas
2. Las bandas centrales en octavas deben ser iguales a sus homologas en tercios de octava más sus adyacentes
3. El nivel global expresado por ambas curvas debe ser idéntico

Para llegar a ello, primero calculamos el nivel de ruido descrito por cada curva:

Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA
NC15	47	36	29	22	17	14	12	11	27,08
NC20	51	40	33	26	22	19	17	16	31,32
NC25	54	44	37	31	27	24	22	21	35,57
NC30	57	48	41	35	31	29	28	27	39,73
NC35	60	52	45	40	36	34	33	32	44,19
NC40	64	57	50	45	41	39	38	37	49,10
NC45	67	60	54	49	46	44	43	42	53,38
NC50	71	64	58	54	51	49	48	47	58,08
NC55	74	67	62	58	56	54	53	52	62,54
NC60	77	71	67	63	61	59	58	57	67,42
NC65	80	75	71	68	66	64	63	62	72,23
NC70	83	79	75	72	71	70	69	68	77,38

Posteriormente buscaremos una expresión matemática que describa fielmente el comportamiento de cada curva en bandas de octava (nos centraremos en la NC15 para realizar los cálculos y posteriormente trasladaremos los resultado al resto de curvas). La ecuación que mejor se ajusta a los datos es de tipo decaimiento exponencial, i.e.

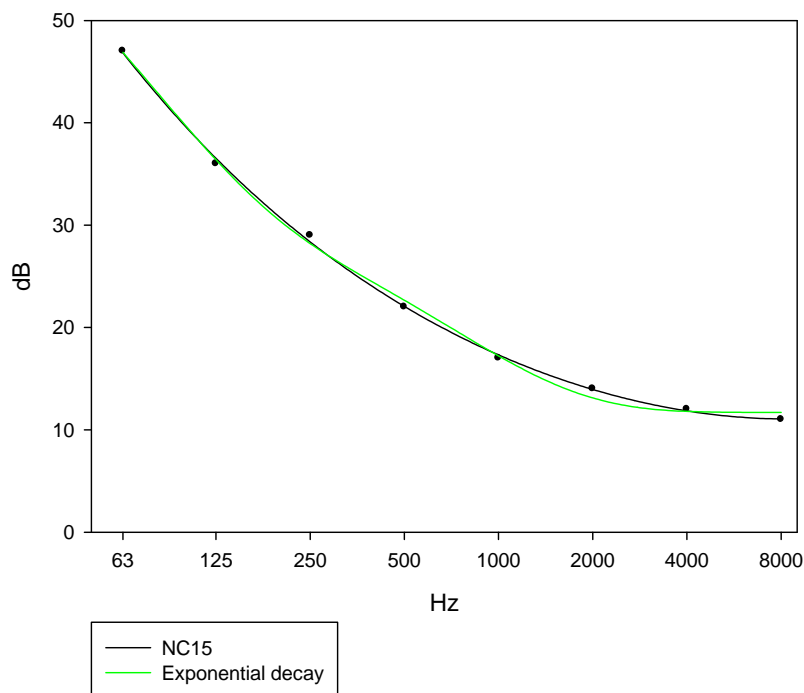
$$y = y_0 + ae^{-bx} + ce^{-dx}$$

Para la NC15, los coeficientes de la expresión anterior tienen los siguientes valores:

Coeficiente	y_0	a	b	c	d
Valor	11,7074	36,9524	0,0139	21,6101	0,0014

La representación de esta expresión frente a la curva original queda de la siguiente forma:

NC15



Como vemos el ajuste es casi perfecto obteniendo un coeficiente

$$R = 0,9989$$

La curva expresada en tercios de octava debe tener una altura menor a la original. Ello se debe a que cada banda de frecuencia central en octavas es la suma de tres bandas descritas en tercios de octava, i.e. la central y sus adyacentes. Por ejemplo, la banda central de 125 Hz en

octavas es la suma de las bandas de 100, 125 y 160 *Hz* en tercios de octava. Además, la forma de la curva original debe conservarse. Estas condiciones implican que la expresión en tercios de octava de la curva NC15 tendrá la forma

$$y = y_0 + 36,9524e^{-0,0139x} + 21,6101e^{-0,0014x}$$

La última condición, que además determinará el valor de y_0 , es que ambas curvas deben describir el mismo nivel de ruido, es decir, en este caso $27,08 \text{ dBA}$.

La resolución de la ecuación nos da un coeficiente de

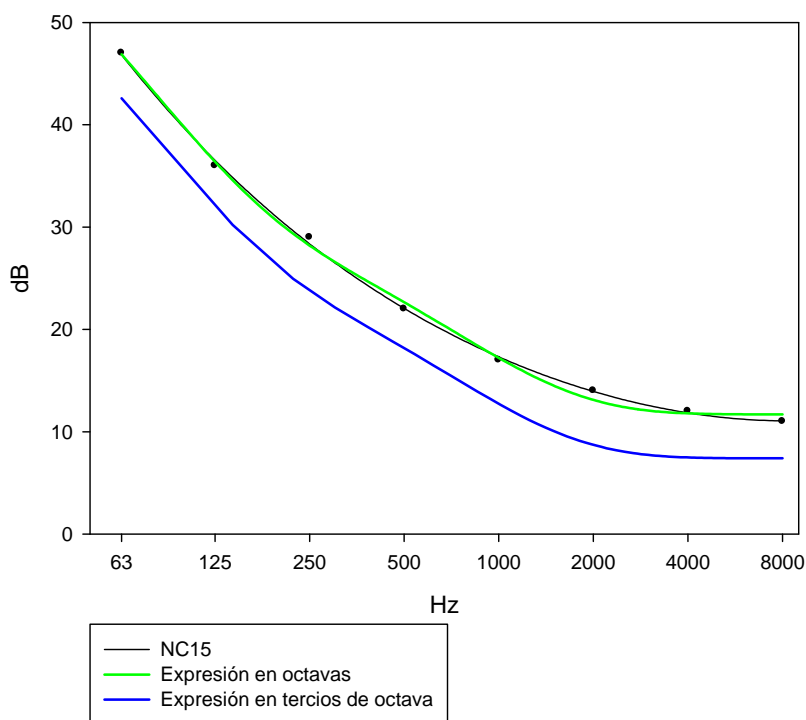
$$y_0 = 7,4094$$

Y por tanto, la expresión completa será

$$y = 7,4094 + 36,9524e^{-0,0139x} + 21,6101e^{-0,0014x}$$

Si la representamos frente a la curva original podemos ver la diferencia

NC15



Si resolvemos la ecuación para las bandas de tercios de octava, obtendremos los valores numéricos de cada una:

Hz	dB	dB
63	42,59	
80	38,88	
100	35,40	37,64
125	32,05	
160	28,68	
200	26,03	28,98
250	23,78	
315	21,78	23,15
400	19,90	
500	18,18	
630	16,36	17,77
800	14,46	
1000	12,74	
1250	11,16	13,66
1600	9,71	
2000	8,72	
2500	8,06	12,30
3150	7,67	
4000	7,49	
5000	7,43	
6300	7,41	
8000	7,41	

Comprobamos, además, que la suma de cada una de las tres bandas que contribuyen a cada banda de octava nos un resultado muy similar al que tenían las curvas originales.

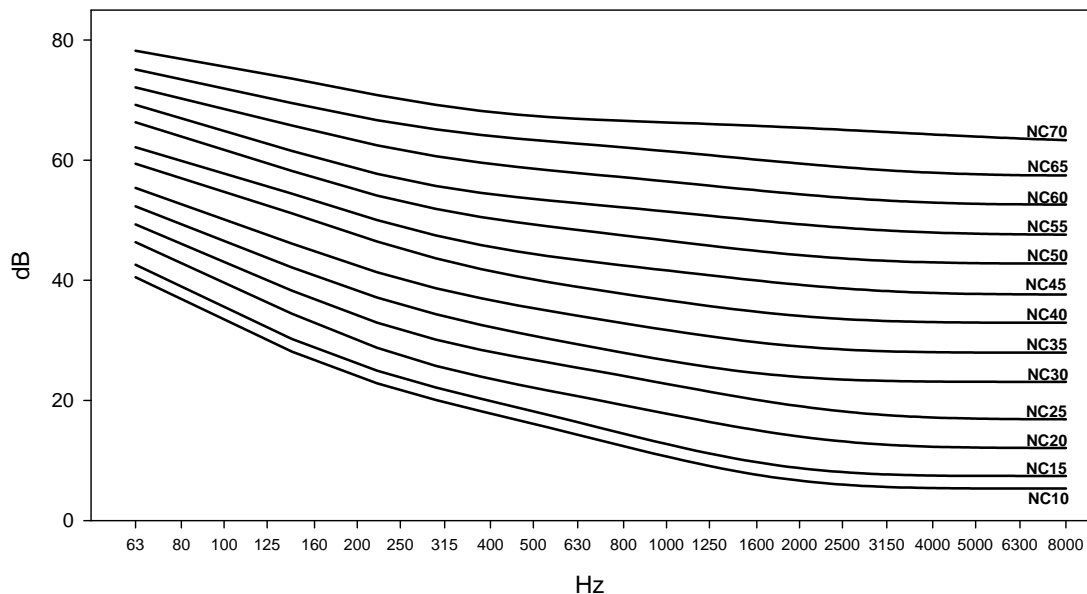
Si efectuamos las mismas operaciones en el resto de curvas NC obtendremos los siguientes valores:

Hz \ Curva	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
NC10	40,50	36,80	33,32	29,97	26,60	23,95	21,70	19,69	17,81	16,09	14,28
NC15	42,59	38,88	35,40	32,05	28,68	26,03	23,78	21,78	19,90	18,18	16,36
NC20	46,34	42,96	39,65	36,32	32,81	29,95	27,49	25,38	23,59	22,14	20,70
NC25	49,32	46,20	43,13	40,03	36,75	34,06	31,74	29,76	28,09	26,75	25,44
NC30	52,31	49,44	46,62	43,77	40,72	38,19	35,96	33,98	32,23	30,77	29,34
NC35	55,38	52,81	50,24	47,61	44,76	42,35	40,21	38,32	36,68	35,36	34,10

NC40	59,40	57,20	54,95	52,56	49,87	47,50	45,30	43,29	41,53	40,15	38,90
NC45	62,14	60,09	57,98	55,75	53,22	51,01	48,96	47,12	45,56	44,39	43,39
NC50	66,31	64,07	61,84	59,55	57,06	54,98	53,16	51,59	50,29	49,29	48,38
NC55	69,20	67,06	64,94	62,77	60,43	58,51	56,84	55,45	54,34	53,54	52,83
NC60	72,10	70,37	68,62	66,82	64,85	63,18	61,71	60,43	59,37	58,57	57,86
NC65	75,10	73,56	72,01	70,43	68,70	67,26	66,00	64,92	64,03	63,36	62,74
NC70	78,22	77,01	75,75	74,40	72,84	71,45	70,15	68,98	68,02	67,36	66,88
800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	dBa
12,38	10,65	9,08	7,63	6,64	5,98	5,59	5,41	5,35	5,33	5,33	25,00
14,46	12,74	11,16	9,71	8,72	8,06	7,67	7,49	7,43	7,41	7,41	27,08
19,20	17,79	16,42	15,03	13,98	13,18	12,62	12,29	12,15	12,10	12,08	31,32
24,07	22,76	21,45	20,10	19,03	18,18	17,55	17,15	16,97	16,89	16,87	35,57
27,92	26,67	25,55	24,55	23,90	23,48	23,24	23,14	23,11	23,10	23,10	39,73
32,85	31,72	30,68	29,68	28,98	28,49	28,18	28,03	27,97	27,95	27,95	44,19
37,73	36,68	35,71	34,76	34,06	33,56	33,22	33,04	32,97	32,94	32,94	49,10
42,46	41,64	40,82	39,96	39,25	38,66	38,20	37,89	37,73	37,66	37,63	53,38
47,46	46,61	45,76	44,88	44,19	43,64	43,23	42,98	42,86	42,81	42,79	58,08
52,12	51,45	50,75	49,98	49,33	48,76	48,29	47,95	47,76	47,66	47,62	62,54
57,14	56,46	55,75	54,98	54,32	53,75	53,28	52,93	52,74	52,64	52,60	67,42
62,11	61,49	60,83	60,09	59,43	58,83	58,31	57,91	57,65	57,51	57,44	72,23
66,54	66,28	66,02	65,71	65,40	65,05	64,68	64,28	63,93	63,61	63,33	77,38

Y su representación:

Curvas NC



CONCLUSIONES

Las curvas NC obtenidas a partir del método descrito en este artículo conservan todas las características de las curvas originales resultado del estudio que realizó Baranek en la década de los 50.

Además de permitir controlar el nivel de ruido de las actividades musicales a través de los limitadores sonido, también podrán ser utilizadas para describir el nivel de ruido adecuado de los diferentes recintos en función de su utilización, como podemos encontrar en cualquier documento cuya temática sea el *confort acústico*.