

Manual para la práctica 1: Notación musical (clásica e informática)

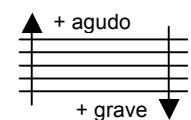
Este texto es un manual que debe servir como guía para hacer la práctica 1 y también es materia de referencia para todo el curso. Trata sobre conceptos básicos de la notación musical, tanto tradicional (notaciones vertical y horizontal) como informática (diagrama de pianola), necesarios para entender y poder procesar la información que codifican. En este curso asumiremos que el alumno no tiene por qué tener conocimientos previos de notación musical. Con la definición de cada concepto, se adjunta el término inglés más comúnmente empleado en el *software* musical cuando su traducción no es sencilla.

NOTACIÓN VERTICAL O DE ALTURA

La notación referente a la altura recibe (no por casualidad) el nombre de notación vertical. Su función es indicar cuál es la *frecuencia fundamental* del sonido que debe emitir el instrumento que interpreta la partitura. Vamos a ver algunas definiciones:

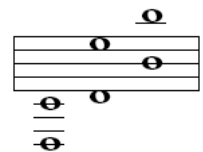
Pentagrama (*staff*)

Es un conjunto de 5 líneas equidistantes entre sí sobre las que se escriben los signos musicales. Las líneas se numeran comenzando por la inferior. Cuando la altura de una nota se sale del rango que estas cinco líneas permite escribir, se utilizan líneas cortas (supletorias) para indicar esta circunstancia (ver figura del siguiente párrafo).



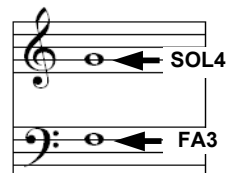
Nota

Denotan una altura (*pitch*) concreta. Los nombres de las notas naturales en notación latina son DO, RE, MI, FA, SOL LA y SI. Su equivalencia en notación anglosajona es C, D, E, F, G, A y B, respectivamente. Una nota puede escribirse sobre una línea o en un espacio del pentagrama. Las líneas horizontales supletorias por encima o por debajo del pentagrama permiten escribir notas fuera de él (por ser muy graves o muy agudas).

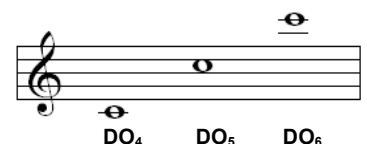


Clave (*clef*)

Este signo atribuye una altura concreta a las notas en el pentagrama. Por ejemplo, la clave que aparece a la derecha, en el pentagrama de arriba, es la “clave de sol” (*treble clef* o *G-clef*). Esta clave atribuye “SOL₄” a la nota que se escribe en la segunda línea. La “clave de fa” (*bass clef* o *F-clef*) (derecha-abajo) atribuye a la cuarta línea la nota FA₃. Existen muchas claves, por lo que a una misma posición en el pentagrama se le puede dar diferentes nombres. Abajo se muestran las alturas en las claves de SOL y FA.



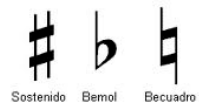
Como se ve, los nombres se repiten cada ocho notas. De ahí surge el concepto de *octava*. A una misma nota, pero de la octava siguiente, le corresponde el doble de frecuencia. Aunque se llamen igual, a octavas distintas les corresponden diferentes posiciones en el pentagrama. Para diferenciar notas con el mismo nombre pero de octavas distintas se añade al nombre un subíndice. Las octavas cambian de número en el DO.



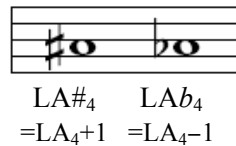
Definición: La diferencia en altura entre dos notas recibe el nombre de *intervalo* y puede ser ascendente o descendente en función de la dirección en la que se mida.

Alteraciones (accidentals)

En una octava hay en la música occidental 12 notas distintas (12 semitonos), mientras que en la figura anterior (la de los nombres), desde un DO al siguiente hay sólo 6 notas más (las notas naturales, las *teclas blancas* del piano). Las notas que faltan (hasta las 12) se representan mediante las alteraciones: sostenido # (*sharp*) y bemol b (*flat*) (véase la figura derecha). Las alteraciones se dibujan delante de la nota que modifican.



El sostenido incrementa en un semitono la altura de la nota que modifica, mientras que el bemol la disminuye en un semitono. Podríamos identificarlas con las *teclas negras* del piano (aunque no siempre). Otras alteraciones menos frecuentes son el doble sostenido (x) que sube dos semitonos y el doble bemol (bb) que baja dos. A veces es necesario hacer explícito que una nota es natural, para lo que se usa el símbolo llamado becuadro (*natural*) (♮). Podemos ver la disposición de las notas en un teclado de piano:



Un intervalo se puede medir en semitonos contando por cuántas teclas hay que pasar para ir de la nota inicial (ésta no se cuenta) a la final.

Escala cromática

La escala *cromática* incluye los 12 semitonos de la octava. En ella aparecen todas las notas ausentes en los pentagramas dibujados arriba, en los que sólo aparecen las notas naturales. A continuación se muestra un pentagrama con una escala cromática que va desde el DO₄ hasta el DO₅. Esta escala está formada por 12 notas más el DO final. Todas ellas están separadas por un semitono. Cuando una nota tiene dos posibles denominaciones (DO# = REb, por ejemplo) se han dibujado ambas.



Acordes (chords)

Un acorde es un conjunto de notas que se hacen sonar simultáneamente. Su representación en la partitura consiste en colocar dichas notas una sobre otra (a veces no se puede porque se superpondrían). Las reglas para construir acordes se describirán en la práctica de psicoacústica. A la derecha se presentan tres ejemplos de acordes con 5, 4 y 3 notas.



Tonalidad (key, tonality) y modos

La tonalidad define un conjunto de notas cuya función musical depende de una nota principal llamada *tónica*, que es la que da nombre a la tonalidad. Por lo tanto, las tonalidades tienen nombres de notas (como DO mayor o FA menor, por ejemplo). Cada tonalidad tiene asociada una *escala diatónica* de 7 de los 12 sonidos que hay en una octava, comenzando en la tónica. Cada una de esas 7 notas recibe un número ordinal (denominado *grado*) que corresponde al orden que ocupa dentro de la serie ordenada de las notas de esa escala. Este número se denota mediante números romanos, siendo el I (el primer grado) la tónica.

Además, una tonalidad puede tener varios modos. Los modos más importantes son el *modo mayor* y el *modo menor*. Las notas que se usan en la escala diatónica del modo mayor son las siguientes (para cada grado se presenta el intervalo en semitonos que corresponde a esa nota desde la nota tónica):

GRADO	I	II	III	IV	V	VI	VII
SEMITONO	0	2	4	5	7	9	11

Mientras que en modo menor la escala diatónica se compone de las siguientes notas:

GRADO	I	II	III	IV	V	VI	VII
SEMITONO	0	2	3	5	7	8	10

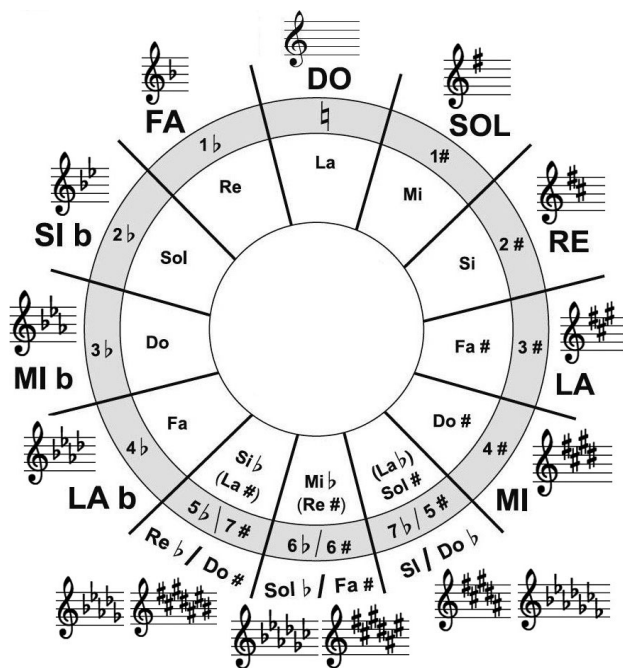
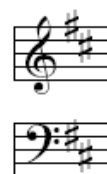


De esta manera, la escala diatónica mayor que comienza en la nota DO define la tonalidad de DO mayor (ver figura), que corresponde a las teclas blancas del piano. En este caso, RE es II (segunda), MI es III (tercera), etc., y el siguiente DO es al mismo tiempo VIII y I, pues la cuenta empieza de nuevo en cada octava.

Por supuesto, siempre se pueden usar notas que estén fuera de la escala diatónica, que se denominan no diatónicas, y que provocan sonoridades que podríamos llamar “exóticas”.

Notación de tonalidad en el pentagrama

Se puede conocer la tonalidad mirando el extremo izquierdo de un pentagrama. Esos signos reciben el nombre de *armadura* (*key signature*) y en ella se indica el número de alteraciones (notas *no naturales*) que afectan a las notas de ese pentagrama. Por esas alteraciones podemos saber en qué tonalidad nos hallamos (ver figura siguiente). Por ejemplo, si hay dos sostenidos, estaremos en la tonalidad de RE mayor, indicando que todos los DO y FA que aparezcan son sostenidos mientras no se diga lo contrario.



El círculo de quintas

Esta figura se denomina círculo de quintas (notas vecinas distan un intervalo de quinta). Permite saber las equivalencias entre el número de notas no naturales (alteraciones que se pondrán en la armadura) y la tonalidad que definen. La armadura nos indica las notas que aparecerán alteradas en cada tonalidad.

Las tonalidades en la parte interna del círculo son menores y las externas mayores. Por ejemplo, si no hay alteraciones (♮) tenemos fuera DO mayor y dentro LA menor.

Si en determinada tonalidad una nota debería estar alterada (porque así lo indica la armadura) pero se desea que sea natural, entonces se indica poniéndole delante el becuadro. Es decir, un FA en la tonalidad de RE mayor es FA# (FA natural + un semitono); pero si va precedido de un becuadro será un FA sin alterar (FA natural, como en la figura).



NOTACIÓN HORIZONTAL O DE TIEMPO

A la notación referente al tiempo también se la denomina notación horizontal.

El tiempo musical tiene una estructura jerárquica. La unidad básica de estructuración es el compás (*measure*). Los compases se indican en el pentagrama como líneas verticales (*bars*) que lo cruzan. El compás

se divide en intervalos de igual duración llamados *tiempos* (pulsos o *beats*) y estos, a su vez, en *partes* (normalmente divisores enteros de la duración del *pulso*, como $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, etc.). Las duraciones proporcionales de las notas se representan mediante distintas figuras. Ahora veremos estas notaciones.

Notación del compás (métrica) (*meter*)

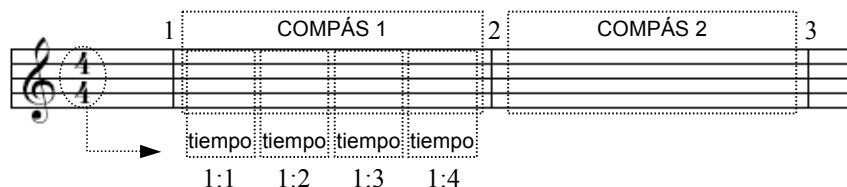
La notación numérica que hay al principio de un pentagrama (ver en la figura siguiente) denota el tipo de compás y cómo se rellena. También recibe el nombre de *métrica*. Su notación tiene dos elementos:

- *Denominador*: indica el tipo de nota que se usa como unidad de medida (expresada como división de la redonda, según la tabla siguiente).

Denominador	Tipo de notas	Denominador	Tipo de notas
1	Redondas	8	Corcheas
2	Blancas	16	Semicorcheas
4	Negras	32	Fusas

- *Numerador*: indica cuántas de esas notas se necesitan para rellenar un compás.

Por ejemplo, $\frac{4}{4}$ (ó 4 por 4, como se suele denominar) denota que cada compás se rellena con 4 tiempos (por el numerador) medidos mediante notas negras (por el denominador) o su duración equivalente con otras notas (cualquier combinación de notas que sume cuatro negras). En $\frac{7}{8}$ cada compás se rellena con 7 tiempos medidos mediante notas corcheas y $\frac{2}{2}$ denota que cada compás se rellena con 2 tiempos medidos mediante notas blancas. $\frac{4}{4}$ estructura el tiempo de esta manera:

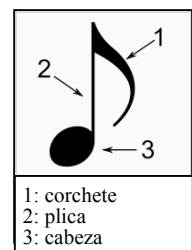
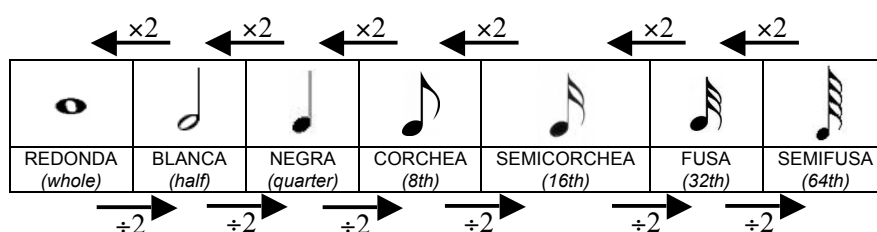


Ejemplos de métricas

6	9	12
4	4	4
6	9	12
8	8	8
6	9	12
16	16	16

Figuras

Las figuras de las notas indican sus duraciones. Son relativas, expresan fracciones o múltiplos de duración respecto al tiempo unidad. La duración absoluta de una nota en segundos depende del *tempo*: la “velocidad” a la que transcurre la música (lo veremos más adelante). Las notas tienen representaciones distintas en función de su duración. A continuación se muestran las representaciones de esas duraciones, primero para las notas y luego para los silencios de duraciones equivalentes.



Hay más figuras, pero estas son las más utilizadas.

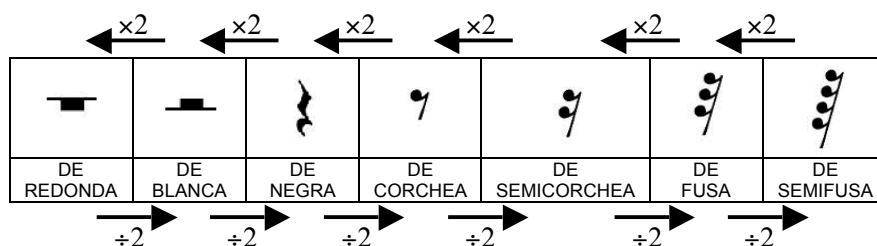
El papel de “1 tiempo” suele corresponder a la **nota negra**, pero eso depende de la métrica (la negra es 1 tiempo sólo para métricas de denominador 4). Las figuras sólo aparecen en aquellos compases en los que “caben”. Si un compás se llena con dos tiempos no puede contener una redonda (que son 4 tiempos).

La línea vertical de la nota (plica, *stem*) suele extenderse 4 líneas y media del pentagrama, lo que ocupa una octava (si es un DO_4 llegará hasta DO_5). Puede dibujarse hacia arriba o hacia abajo según esté en la parte baja o alta del pentagrama, sin que ello altere su duración. Las “banderitas” de las figuras más breves se denominan corchetes (*hooks*).



Silencios (*rests*)

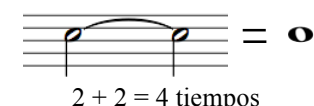
Los silencios indican la ausencia de sonido durante su duración. Igual que para las notas, las figuras de silencio indican su duración relativa, igual que la de la nota del mismo nombre, de acuerdo con la tabla anterior. Al igual que las notas, los silencios sólo aparecen en aquellos compases en los que “caben”.



Hay más figuras, pero estas son las más utilizadas.

Otros aspectos de la notación horizontal

Ligaduras (ties, slurs)

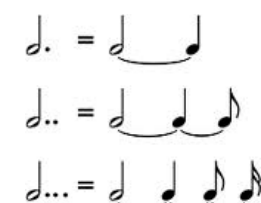


La *ligadura* es una línea curva que sirve para unir dos figuras de nota de la misma altura para que duren como una sola nota equivalente a la de la suma de las dos notas ligadas. En este caso recibe el nombre inglés de *tie* (*tied notes*, notas ligadas).



Si la ligadura es entre notas de distintas alturas sus duraciones no se suman. Sólo es una indicación al intérprete para que dé continuidad a la interpretación de esa secuencia de notas no interrumpiendo el sonido al cambiar de una a otra. En inglés esto se denomina *slur*.

Puntillos (dots, dotted notes) y tresillos (triplets)

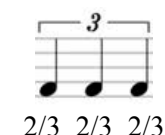


Un punto a la derecha de una nota (o silencio) la alarga en la mitad de su duración original. La notación es equivalente en duración como si fueran notas ligadas. Pueden añadirse sucesivos puntos, que irían agregando las duraciones correspondientes a la cuarta parte, octava, etc.

$$\text{Dotted half note} = \text{half note} + \text{quarter note} \quad 6 = 4 + 2$$

$$\text{Dotted quarter note} = \text{quarter note} + \text{eighth note} \quad 3 = 2 + 1$$

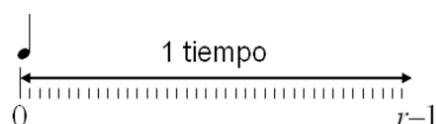
$$\text{Dotted eighth note} = \text{eighth note} + \text{sixteenth note} \quad 1\frac{1}{2} = 1 + \frac{1}{2}$$



Un tresillo es un grupo de tres notas que se tocan en el tiempo que duran dos de ellas. Por ejemplo, un tresillo de 3 negras durará 2 tiempos, pero se tocarán 3 negras en ese tiempo, por lo que cada una durará 2/3 de tiempo. Se les denota colocando una barra sobre ellas con el número 3. Existen otras combinaciones de duración, pero se usan mucho menos.

El tiempo en los sistemas informáticos

El tiempo transcurre de manera continua. Sin embargo, los sistemas informáticos necesitan discretizarlo. Introducen para ello el concepto de *pulso de resolución* (*tick*) como la menor división de tiempo posible. Esta unidad establece los puntos del tiempo discreto en los que poner un evento musical. Al número de *ticks* en que se divide cada tiempo es la *resolución* del sistema (designada mediante r). Son divisiones muy pequeñas. Valores habituales son $r = 48, 96, 120, 240, 480, \dots$ aunque pueden usarse otros. Una resolución de $r = 48$ significa que disponemos de 48 puntos en cada tiempo para colocar eventos, numerados de 0 a 47 ($r-1$).



Con esta resolución, una corchea (1/2 negra) duraría 24 *ticks* y una semicorchea (1/4 negra) 12 *ticks*.

Cada una de las divisiones en las que jerárquicamente se estructura el tiempo musical lleva su propia cuenta mediante una notación que, normalmente, separa un contador de otro mediante dos puntos. La indicación de la posición en el tiempo de una nota (su inicio, final o duración) suele indicarse mediante una de estas dos notaciones:

Beat : Tick

Compás : Beat : Tick

La cuenta de *ticks* se pone a cero al principio de cada tiempo y la cuenta de tiempos se pone a uno al principio de cada compás (va de 1 al número de tiempos por compás, según la métrica). El primer nivel de

estas jerarquías de divisiones no se reinicia a uno nunca: en el primer caso, la cuenta de tiempos se incrementa indefinidamente y en el segundo lo que no se reinicia es la cuenta de compases.

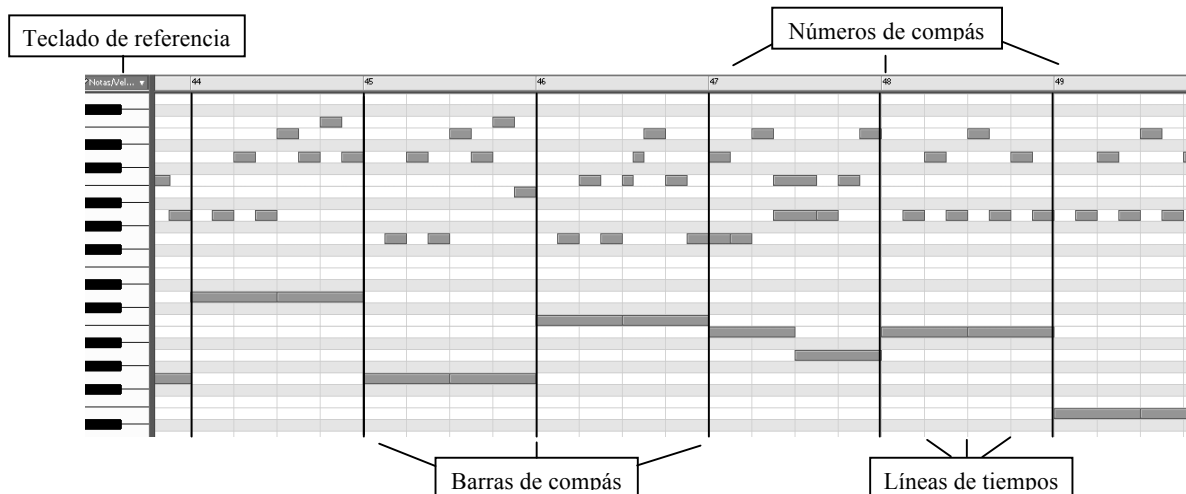
Ejemplo:

Beat : Tick - Tiempo inicial: **1:00** 5º tiempo (en 4/4): **5:00**
 Compás : Beat : Tick - Tiempo inicial: **1:1:00** 5º tiempo (en 4/4): **2:1:00**



Representación informática: diagrama de pianola

El *diagrama de pianola* (*piano roll*) (por su similitud con las hojas de notas para ese instrumento) es una alternativa a la notación tradicional, más sencilla, para representar la información musical. En ella las notas se representan como rectángulos de color (véase la figura) que van desde sus tiempos de inicio a los de final, a diferencia de la notación tradicional que se basa en los tiempos de inicio y las duraciones de las notas. El eje horizontal representa el tiempo y el vertical la altura de las notas. Las líneas verticales corresponden a tiempos musicales y compases, según la métrica.



Especificación del tiempo

El **tempo** define la *velocidad* a la que se interpreta una partitura. Cuando se expresa de forma aproximada se denota mediante adjetivos como *andante*, *allegro*, *presto*, etc. Para hacerlo de forma exacta (necesario en informática) se hace en *pulsos por minuto* (*beats per minute*, de ahí las siglas “BPM”) y lo denotaremos como t . Un tempo $t = 60$ BPM indica que deben tocarse 60 pulsos cada minuto, o sea uno por segundo. Un tempo de 120 BPM proporciona 2 pulsos por segundo.

La notación habitual en partituras es una indicación como $\text{♩} = 90$, para denotar que hay que tocar (en este caso) 90 negras por minuto. Se coloca al principio de la partitura, justo por encima del pentagrama.

Para saber cómo transcurre el tiempo *físico* (cronométrico) dado un determinado tempo, como t se expresa en pulsos por minuto, basta con dividir los 60 s que tiene un minuto entre el tempo:

$$\text{Duración de un tiempo (segundos)} = 60 / (t \text{ en BPM})$$

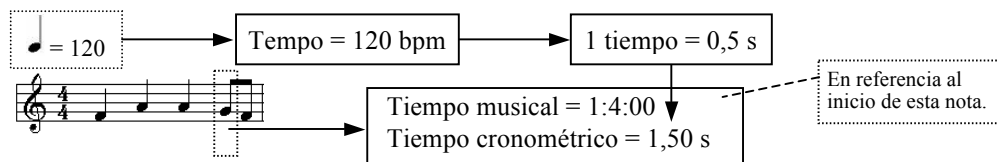
Tempo, tiempo musical y tiempo cronométrico

Estos tres conceptos, aunque están relacionados, son diferentes y se miden de forma muy distinta. El tempo indica la “velocidad” a la que se debe ejecutar una partitura, el tiempo musical es cada uno de los *beats* que marca el tempo y el tiempo cronométrico es la medición del tiempo físico en el que transcurre la ejecución de la partitura. Vamos a clarificar esta situación mediante la siguiente tabla y el ejemplo.

	Unidades	Origen	Subdivisiones
Tiempo	Pulsos por minuto (BPM)	---	Puede tener decimales
Tiempo musical	Pulsos (en 4/4 = notas negras)	1	Ticks, desde 0 hasta $r - 1$ cada pulso
Compás	Depende de la métrica	1	Pulsos (que dependen de la métrica)
Tiempo cronométrico	Segundos	0	Décimas y centésimas, de 0 a 99 cada segundo

Así pues, debe quedar claro que el tiempo cronométrico es el que medimos en segundos y empieza a medirse desde cero, mientras que los tiempos musicales empiezan a contarse desde 1 (el primero). Por tanto, el principio del pulso musical 1 se produce en el instante 0 segundos.

Ejemplo:



Equivalencia de notaciones

Existen varias formas de escribir las mismas figuras para facilitar la lectura a los intérpretes. Por ejemplo, las notas cortas se suelen escribir agrupadas, tendiendo líneas (*barras*) que van de los extremos de las plicas de unas notas a las de otras (tantas como *corchetes* tengan las figuras que se agrupan: 1 para corcheas, 2 para semicorcheas, 3 para fusas, etc.). El criterio utilizado para realizar las agrupaciones es el de la jerarquía de los tiempos musicales. Es decir, dentro de un compás las notas estarán agrupadas por tiempos.

Ejemplo: En el siguiente ejemplo se muestra una partitura en 4/4 con distintas figuras temporales sin agrupar y agrupadas. En ambos casos, la duración de las notas es *exactamente* la misma.



Obsérvese cómo en el segundo caso las barras de las notas han sido unidas con líneas horizontales, agrupadas según los 4 tiempos individuales (indicados) que hay en ese compás. Obsérvese cómo se han puesto tantas barras como corchetes tiene la notación original de las figuras. Los silencios no se suelen agrupar con las notas.

Metodología para realizar el agrupamiento:

- Primero hay que fijarse en el denominador de la métrica (4 en este caso) para ver qué longitud en tiempos deben tener los grupos, según la tabla anterior. En el ejemplo anterior, por tanto, la longitud de cada grupo (lo que corresponderá a 1 tiempo) es de 1 negra. El numerador nos dice cuántas partes de esa duración tiene el compás. Aquí se muestran otros ejemplos:



- Luego se van sumando las duraciones de las notas, de izquierda a derecha, agrupándolas hasta que se completa un tiempo, momento en el que se inicia un nuevo grupo, separado del anterior. Se agrupan primero las figuras más cortas de cada grupo que sean vecinas.
- Si con la última nota de un grupo se supera la longitud de un grupo, ésta se divide en dos partes (dos notas en vez de una): la primera con la longitud necesaria para rellenar el grupo y el resto para empezar el siguiente grupo. Para que ambas partes suenen como una sola nota deben quedar unidas con una ligadura.



APÉNDICE:

Alturas del piano en diferentes notaciones y sus frecuencias en afinación bien temperada.

POSICIÓN EN PENTAGRAMA FRECUENCIA TECLADO PIANO ALTURA ALTURA MIDI (Dec. Hex.)

	4186.0		C8	108	6C
	3951.1		B7	107	6B
3729.3	3520.0		A7	106	6A
3322.4	3136.0		G7	104	68
2960.0	2793.8		F7	102	66
	2637.0		E7	100	64
2489.0	2349.3		D7	99	63
2217.5	2093.0		C7	97	61
	1975.5		B6	95	5F
1864.7	1760.0		A6	94	5E
1661.2	1568.0		G6	92	5C
1480.0	1396.9		F6	90	5A
	1318.5		E6	88	58
1244.5	1174.7		D6	87	57
1108.7	1046.5		C6	85	55
	987.77		B5	83	53
932.33	880.00		A5	82	52
830.61	783.99		G5	80	50
739.99	698.46		F5	78	4E
	659.26		E5	76	4C
622.25	587.33		D5	75	4B
554.37	523.25		C5	73	49
	493.88		B4	71	47
466.16	440.0		A4	70	46
415.30	392.00		G4	68	44
369.99	349.23		F4	66	42
	329.63		E4	64	40
311.13	293.67		D4	63	3F
277.18	261.6		C4	61	3D
	246.94		B3	59	3B
233.08	220.00		A3	58	3A
207.65	196.00		G3	56	38
185.00	174.61		F3	54	36
	164.81		E3	52	34
155.56	146.83		D3	51	33
138.59	130.81		C3	49	31
	123.47		B2	47	2F
116.54	110.00		A2	46	2E
103.83	97.999		G2	44	2C
92.499	87.307		F2	42	2A
	82.407		E2	40	28
77.782	73.416		D2	39	27
69.296	65.406		C2	37	25
	61.735		B1	35	23
58.270	55.000		A1	34	22
51.913	48.999		G1	32	20
46.249	43.654		F1	30	1E
	41.203		E1	28	1C
38.891	36.708		D1	27	1B
34.648	32.703		C1	25	19
	30.868		B0	23	17
29.135	27.500		A0	22	16

		4186.0			C8		108	6C
		3951.1			B7		107	6B
	3729.3	3520.0			A7	106	105	6A
	3322.4	3136.0			G7	104	103	68
	2960.0	2793.8			F7	102	101	66
		2637.0			E7		100	65
	2489.0	2349.3			D7	99	98	63
	2217.5	2093.0			C7	97	96	61
		1975.5			B6		95	60
	1864.7	1760.0			A6	94	93	5E
	1661.2	1568.0			G6	92	91	5C
	1480.0	1396.9			F6	90	89	5A
		1318.5			E6		88	59
	1244.5	1174.7			D6	87	86	57
	1108.7	1046.5			C6	85	84	55
		987.77			B5		83	54
	932.33	880.00			A5	82	81	52
	830.61	783.99			G5	80	79	50
	739.99	698.46			F5	78	77	4E
		659.26			E5		76	4D
	622.25	587.33			D5	75	74	4B
	554.37	523.25			C5	73	72	49
		493.88			B4		71	47
	466.16	440.0			A4	70	69	46
	415.30	392.00			G4	68	67	44
	369.99	349.23			F4	66	65	42
		329.63			E4		64	41
	311.13	293.67			D4	63	62	3F
	277.18	261.6			C4	61	60	3D
		246.94			B3		59	3B
	233.08	220.00			A3	58	57	3A
	207.65	196.00			G3	56	55	38
	185.00	174.61			F3	54	53	36
		164.81			E3		52	35
	155.56	146.83			D3	51	50	33
	138.59	130.81			C3	49	48	31
		123.47			B2		47	30
	116.54	110.00			A2	46	45	2E
	103.83	97.999			G2	44	43	2C
	92.499	87.307			F2	42	41	2A
		82.407			E2		40	29
	77.782	73.416			D2	39	38	27
	69.296	65.406			C2	37	36	25
		61.735			B1		35	24
	58.270	55.000			A1	34	33	22
	51.913	48.999			G1	32	31	20
	46.249	43.654			F1	30	29	1E
		41.203			E1		28	1C
	38.891	36.708			D1	27	26	1B
	34.648	32.703			C1	25	24	19
		30.868			B0		23	17
	29.135	27.500			A0	22	21	16
								15