

# *La música, molt més que art*



*En general, es bien conocido que las artes, y la música en particular, constituyen un poderoso estímulo para un buen desarrollo cerebral.*

*Jordi Jauset*

*La música és un dels millors regals de què pot gaudir l'home. Veritablement, encara no coneixem tota la potència i possibilitats que ens ofereix. Però cada cop més s'evidencia la sensibilitat del nostre cervell i la seva resposta a aquestes meravelloses vibracions.*

*Mestre turc*

## **Índex:**

1	INTRODUCCIÓ.....	7
1.1	Objectius.....	7
1.2	Hipòtesis .....	8
1.3	Metodologia .....	8
2	FONAMENTS TEÒRICS .....	9
2.1	EL CERVELL.....	9
2.1.1	Sistema nerviós.....	9
2.1.1.1	Sistema nerviós central .....	9
2.1.1.1.1	Encèfal.....	9
2.1.1.1.1.1	Cervell .....	9
2.2	LA MÚSICA .....	15
2.2.1	Característiques dels estils de música .....	15
2.2.1.1	Música clàssica .....	15
2.2.1.1.1	Medieval .....	15
2.2.1.1.2	Renaixement.....	18
2.2.1.1.3	Barroc.....	20
2.2.1.1.4	Classicisme .....	23
2.2.1.1.5	Romanticisme .....	24
2.2.1.2	Blues .....	25
2.2.1.3	Jazz .....	27
2.2.1.4	Música electrònica .....	28
2.2.1.5	Country.....	29
2.2.1.6	Soul.....	30
2.2.1.7	Rock.....	31
2.2.1.8	Pop.....	32
2.2.1.9	Heavy metal.....	33
2.2.1.10	Rap.....	35
2.3	LA MÚSICA I EL CERVELL.....	36
2.3.1	Efectes generals de la música al cervell .....	36
2.3.2	Característiques musicals i emoció .....	37

2.3.3	Efectes i emocions dels diversos estils de música al cervelll .....	38
2.3.3.1	Música clàssica .....	39
2.3.3.2	Blues i Jazz .....	40
2.3.3.3	Música electrònica .....	40
2.3.3.4	Country .....	41
2.3.3.5	Soul .....	41
2.3.3.6	Rock .....	41
2.3.3.7	Pop .....	42
2.3.3.8	Heavy metal .....	42
2.3.3.9	Rap .....	42
3	APLICACIÓ PRÀCTICA .....	44
3.1	MAGNETOENCEFALOGRAFIA .....	44
3.1.1	Què és? .....	44
3.1.2	Prova .....	45
3.1.2.1	Resultats .....	46
4	CONCLUSIONS .....	50
5	BIBLIOGRAFIA WEB I BIBLIOGRAFIA .....	52
5.1	Bibliografia web .....	52
5.1.1	Cervell .....	52
5.1.2	Música .....	52
5.1.3	Música i cervell .....	54
5.2	Bibliografia .....	55
6	AGRAÏMENTS .....	56

## **Índex d'imatges:**

Imatge 1: Hemisferis cerebrals.....	11
Imatge 2: Lòbuls cerebrals.....	13
Imatge 3: Àrees funcionals .....	13
Imatge 4: Partitura combinació de monodia i polifonia .....	16
Imatge 5: Assaigs polifònics.....	17
Imatge 6: Jònic.....	17
Imatge 7: Dòric .....	17
Imatge 8: Frigi.....	18
Imatge 9: Lidi .....	18
Imatge 10: Mixolidi.....	18
Imatge 11: Eoli.....	18
Imatge 12: Locri .....	18
Imatge 13: Homofonia o exemple d'homofonia .....	19
Imatge 14: Contrapunt lliure .....	20
Imatge 15: Contrapunt imitatiu.....	20
Imatge 16: Baix Alberti .....	23
Imatge 17: Sonata núm. 16 de Wolfgang Amadeus Mozart .....	24
Imatge 18: Shuffle.....	26
Imatge 19: Temps dels compassos .....	27
Imatge 20: Dòric .....	30
Imatge 21: Mixolidi.....	30
Imatge 22: Eoli.....	30
Imatge 23: Baix Alternant.....	30
Imatge 24: Acord de potència de guitarra .....	33
Imatge 25: Frigi.....	33
Imatge 26: Eoli.....	33
Imatge 27: Interval 4a justa.....	34
Imatge 28: Interval 4a augmentada .....	34
Imatge 29: Interval 5a disminuïda.....	34

Imatge 30: Unitat de MEG Centre Quirón Teknon .....	45
Imatge 31: Prova.....	46
Imatge 32: Resultat 1.....	46
Imatge 33: Resultat 2.....	47
Imatge 34: Resultat 3.....	47
Imatge 35: Resultat 4.....	48
Imatge 36: Resultat 5.....	49
Imatge 37: Resultat 6.....	49

**Índex de taules:**

Taula1: Elements ornamentals.....	21
Taula 2: Estructura del blues .....	26
Taula3: Escala Do Major .....	28
Taula4: Escala de Blues.....	28
Taula5: Estructura de les cançons country.....	30
Taula 6: Característiques musicals de les emocions bàsiques .....	38

# 1 INTRODUCCIÓ

Què és la música? La música és un art que pot ser d'allò més simple, com una melodia, i pot arribar a ser d'allò més complexa com una simfonia, però alhora és un estil de vida, una manera diferent de veure i entendre les coses; és tot un món. Per què? La resposta és clara, som éssers humans i tenim sentiments, ens emocionem i la música ens ajuda a ordenar emocions i pensaments, a alliberar sentiments; per això, en ocasions necessitem poder parar i escoltar el que realment volem sentir: una melodia o una successió de notes, simplement alguna cosa anomenada música per sentir-nos millor.

M'agrada la música i la música forma part de la meua vida, inclús més del que em pugui arribar a imaginar, bàsicament perquè toco dos instruments i vaig al conservatori. Les hores que hi dedico són unes quantes a més de l'esforç, la constància i la paciència necessària però que es compensen amb els resultats.

La sensació de llibertat i felicitat s'accentuen amb l'ajuda de la música, i a la vegada la de tristesa i inseguretat, per aquest motiu crec que tenim una sort de poder escoltar i sentir música!

He volgut centrar el meu treball de recerca a com afecta la música al cervell per la inquietud que sento i perquè vull saber-ne més coses sobre un òrgan tant important com és el cervell.

## **1.1 Objectius**

Els objectius són:

- Conèixer les parts del cervell i com s'estructura.
- Veure les característiques musicals dels diferents estils.
- Relacionar aquestes característiques amb els sentiments i/o emocions que produeixen.

- Saber quins són els efectes que produeixen al cervell els diferents gèneres musicals.
- Realitzar una pràctica, la magnetoencefalografia per veure aquesta relació música – cervell.

## **1.2 Hipòtesis**

Les hipòtesis que he plantejat són les següents:

- ✓ La música afecta el cervell.
- ✓ La música ens millora la concentració.
- ✓ Si coneixem una cançó el cervell s'activa molt més que si escoltem una cançó desconeguda, que fins aleshores no havíem sentit.

## **1.3 Metodologia**

Per un costat realitzaré una investigació sobre el cervell i el seu funcionament, les característiques musicals de diferents estils i els efectes que produeixen aquests estils al cervell.

Per l'altre costat, d'una manera més pràctica, analitzaré com reaccionem els humans davant diferents cançons, obres, peces que ens agraden o no i que coneixem o no; ho realitzaré mitjançant una prova anomenada magnetoencefalografia.

La informació ha estat extreta de diferents pàgines webs i llibres.



## **2 FONAMENTS TEÒRICS**

La part teòrica d'aquest treball consta de tres parts. La primera part parla del cervell (sistema nerviós), la segona de la música, i la darrera part mostra les influències dels diferents estils de música.

### **2.1 EL CERVELL**

S'inicia la part teòrica explicant el sistema nerviós i es va concretant fins a explicar el cervell, l'òrgan que controla i regula el funcionament de tot el nostre organisme i és l'origen de totes les funcions cognitives de les emocions i els sentiments.

#### **2.1.1 Sistema nerviós**

El sistema nerviós és l'encarregat de coordinar totes les activitats (inconscients i conscients) del nostre cos.

Està format pel sistema nerviós perifèric i el sistema nerviós central.

##### **2.1.1.1 Sistema nerviós central**

La funció del sistema nerviós central es processar i analitzar la informació que rep de les diferents zones del cos i envia les respostes.

Aquest sistema el formen l'encèfal i la medul·la espinal.

###### **2.1.1.1.1 Encèfal**

L'encèfal està format pel cervell, el cerebel i el tronc encefàlic.

###### **2.1.1.1.1.1 Cervell**

El cervell és un dels òrgans més complexos del cos humà, té forma ovoïdal i una superfície rugosa on es troben cissures i circumvolucions.

Es troba a l'interior del crani, a la part superior de l'encèfal i està format per dues parts simètriques anomenades hemisferis cerebrals, aquests tenen funcions diferents, es divideixen en regions anomenades lòbuls; cada hemisferi conté quatre lòbuls.

Els hemisferis:

**Hemisferi esquerre:** s'encarrega de la lectura, l'escriptura, la parla i la compressió i producció del llenguatge parlat. És el cervell planificador, el metòdic i analític; el que classifica i organitza l'informació. Se'l relaciona amb la lògica (adopta conclusions basades amb la lògica), la raó, les matemàtiques, les operacions aritmètiques, el llenguatge (la sintaxi, la fonètica, la gramàtica, etc.), la memòria a llarg termini i verbal, l'execució i la presa de decisions.

Aquest hemisferi està més especialitzat a la percepció de les emocions positives (música consonant), tal com va suggerir Davison (1988) pels seus resultats amb proves electroencefalogràfiques.

En els aspectes musicals l'hemisferi esquerre s'encarrega de l'estructura rítmica, el tempo i l'element líric (la lletra). És més analític, i intervé a les informacions que succeeixen amb rapidesa prioritzant els aspectes temporals com el ritme.

Els músics professionals utilitzen més l'hemisferi esquerre per a la percepció melòdica i harmònica.

**Hemisferi dret:** està relacionat amb aspectes artístics (la música, la pintura, ...) s'encarrega de la intuïció, de la imaginació i de la creativitat, per això se'l coneix també com a hemisferi holístic. És el responsable del pensament no racional, no verbal i intuïtiu. Gràcies a aquest entenem les metàfores, somiem o creem noves combinacions d'idees. Segons la neurobiòloga Jill Bolte, és l'hemisferi del present,

d'aquí-ara. És més sensible a la percepció d'emocions negatives, perquè la seva activitat augmenta amb la música considerada trista, atonal i dissonant.

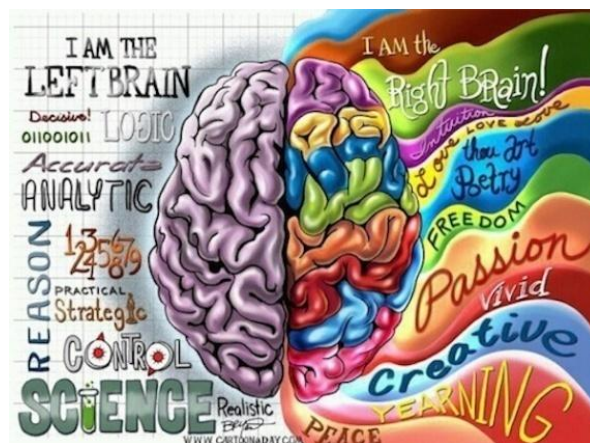
Pel que fa a l'aspecte musical aquest hemisferi s'encarrega del to, els intervals melòdics, l'entonació i la qualitat i el timbre harmònic de la música. Alhora, és sensible als contorns melòdics, la prosòdia, el cant, l'harmonia i els aspectes freqüencials del to i la detecció del timbre.

---

**Quan escoltem música, l'hemisferi dret és l'encarregat de processar la melodia i l'esquerre de la lletra.**

---

**Imatge 1: Hemisferis cerebrals**



Font:<http://www.grnadablogs.com/pateandoelmundo/hemisferios-cerebrales/>

Els quatre lòbuls que trobem a cada hemisferi són els següents:

**Lòbul occipital:** està limitat per les cissures externa i interna i ocupa el 18% del cervell. Processa les imatges, es troba el centre visual de la percepció (controla i interpreta la visió).

**Lòbul parietal:** conté el 19% de superfície i es troba sota la cissura de Silvio, davant de la cissura de Rolando i darrere de la cissura occipital. Es troben els sentits, les terminacions dels centres de gust, tacte,

oïda i olfacte i on rep les sensacions de tacte, temperatura, processament del dolor i pressió, també es troba la coordinació, el moviment, l'orientació i el reconeixement. Els records, les emocions antigues i els plaers = pensament simbòlic.

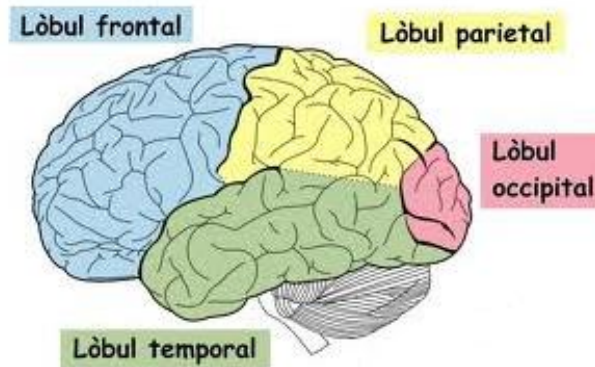
**Lòbul temporal:** està delimitada per la cissura de Silvio i té una superfície del 22%. Es desenvolupen sensacions com la ira, l'enuig, l'ansietat, el plaer o la por entre altres. Hi ha la memòria (reconeixement de cares que és la memòria visual, però també hi ha la memòria sintàctica), el llenguatge, la percepció d'estímuls i l'equilibri. També la comprensió i la formulació del llenguatge, l'audició i emmagatzematge de la informació auditiva i visual.

El lòbul temporal dret es troba el càlcul i les matemàtiques.

El lòbul temporal esquerre es desenvolupa el parlar, l'escoltar, l'entendre i el llenguatge.

**Lòbul frontal:** està limitat per les cissures de Ronlando, subfrontal i de Silvio i ocupa un 41%. S'encarrega de les funcions executives (prendre decisions, planificació, resolució de problemes, l'autoconsciència i fins i tot les capacitats morals); aspectes motors (dirigeix la contracció dels músculs del cos per realitzar moviments, és a dir, coordina els moviments); i lingüístics (permet la conversió dels nostres pensaments en paraules). Es gestionen les emocions superiors com la generositat i l'empatia. A la part més anterior es troben les zones relacionades amb el control dels impulsos, la conducta social, intensions i moviments voluntaris del cos i el comportament sexual. El lòbul integra les funcions del que som, és a dir, de la nostra personalitat i també la nostra intel·ligència.

Imatge 2: Lòbuls cerebrals

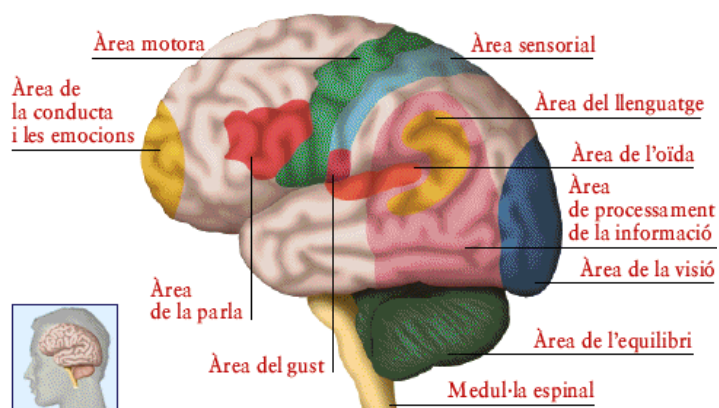


Font: [http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/cursos/escola\\_inclusiva/dtap/modul\\_1/practica\\_2](http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/cursos/escola_inclusiva/dtap/modul_1/practica_2)

A l'interior dels lòbuls trobem les àrees funcionals classificades segons l'especialització d'aquestes:

- **Àrees sensorials:** són les que processen la informació que prové dels diversos sentits.
- **Àrees motores:** les relacionades amb els moviments voluntaris que ens faciliten l'acció o desplaçament corporal.
- **Àrees d'associació:** s'encarreguen de processar la informació que prové de diferents àrees sensorials, estan relacionades amb funcions més complexes com l'aprenentatge o l'escriptura.

Imatge 3: Àrees funcionals



Font: <http://www.edu365.cat/aulanet/coshuma/>

Les àrees primàries estan connectades amb els òrgans dels sentits i les regions motores de la medulla espinal, les secundàries i terciàries processen estímuls més complexes.

Pel que fa la relació de les àrees funcionals amb la música:

---

**L'escorça auditiva primària intervé a la percepció del to, la secundària a la percepció de la melodia i la terciària al procés dels sons de gran complexitat.**

---

## **2.2 LA MÚSICA**

Segons indica l'autor Jauset Jordi (2013): *“La música es un arte que requiere habilidad y, a la vez, crea belleza. El fin de este arte es suscitar a una experiencia estética en el oyente, y expresar sentimientos, circunstancias, pensamientos o ideas. Es un estímulo que afecta el campo perceptivo del ser humano. Es una herramienta excelente para indagar acerca de la organización cerebral y analizar las funciones más desarrolladas del ser humano.”*

### **2.2.1 Característiques dels estils de música**

A continuació s'explicaran les característiques de diversos estils de música, en concret deu: música clàssica, blues, jazz, música electrònica, country, soul, rock, pop, heavy metal i rap. La finalitat d'explicar els estils és posteriorment relacionar les característiques musicals amb les emocions o sentiments i efectes que produeixen.

#### **2.2.1.1 Música clàssica**

Dins el gènere de música clàssica trobem diferents tipus de música, els quals pertanyen a diverses èpoques de la història.

##### **2.2.1.1.1 Medieval**

La música medieval s'inicià a l'any 476 i s'acabà el 1400.

- Els instruments que s'utilitzaven eren el llaüt, l'arpa, el rabel, la viola de roda, l'orgue, el rebec, el salitiri, el flabiol, la flauta dolça, la flauta travessera, la xeremeia, la cornamusa (gaita), el sacabutx (trombó de vares), la trompeta recta, les naqqares (timbales), el tambor, la pandereta i la veu.
- La veu era la peça clau de les obres medievals, i els instruments tenien un paper secundari.

- La monodia consistia en una sola línia melòdica, una única melodia o cant a una sola veu, era substituïda per la polifonia que consistia en diverses línies melòdiques que sonaven simultàniament.
- A continuació trobem una partitura en què combina la monodia i la polifonia.

**Imatge 4: Partitura combinació de monodia i polifonia**



Font: *elaboració pròpia*

Monodia

1 sola veu
------------

Polifonia

1ª veu	2ª veu	3ª veu
--------	--------	--------

- Trobem diferents assaigs polifònics a l'inici de la polifonia:
  - Organum:** consisteix en dues veus que es mouen paral·lelament a distància de 4a o 5a.
  - Discantus:** consisteix en el moviment contrari de les dues veus.
  - Gymeli fals bordó:** consisteix en 3 veus que es mouen en una distància de 3es i 6es .



**Imatge 5: Assaigs polifònics**



Font: *elaboració pròpia*

- També sorgí la diafonia però va utilitzar-se de manera més discreta. La diafonia era una segona veu que acompanyava la primera veu, la melodia. Aquesta alhora era coneguda com a organum paral·lel.
- En aquest període s'usaven els modes antics establerts en la música antiga.
- Els modes eren diferents tipus d'escala que van ser substituïts per les escales actuals de major i menor en les diverses tonalitats.
- Els modes utilitzats en l'època eren els modes medievals. A continuació trobem els set modes medievals. El mode jònic és l'actual escala de do major i el mode eolí l'escala la menor natural.

**Imatge 6: Jònic**



**Imatge 7: Dòric**



Imatge 8: Frigi



Imatge 9: Lidi



Imatge 10: Mixolidi



Imatge 11: Eoli



Imatge 12: Locri



### 2.2.1.1.2 Renaixement

El Renaixement va començar el 1400 i va acabar el 1600.

- Els instruments propis del Renaixement eren: el clavecí, el clavicèmbal, el clavicordi, l'orgue, l'espinaeta, els panderos, els xilofons, els tambors, les campanes, els timbals, el llaüt, la vihuela, el violí, la viola, la viola de mà, la lira, el cromorn, la bombardarda, la trompeta, la corneta, la cornamusa, la dolçaina i el

sacabutx. La veu no tenia la importància que tenia a l'edat medieval, sinó eren els instruments els protagonistes.

- Les melodies eren senzilles.
- La polifonia tenia molta importància, i la majoria d'obres de l'època estan escrites a 4 veus. Les veus tenien més independència entre elles i no eren un contrast entre elles. La veu superior destacava per sobre les altres. La monodia estava a punt de desaparèixer.
- L'ús d'interval·ls de tercera van passar a ser considerats consonàncies després de que durant l'etapa anterior s'haguessin considerat dissonàncies.
- S'utilitzaven els modes medievals però va començar a usar-se notes alterades que no pertanyien al mode, això facilitava l'inici de la tonalitat.
- Hi havia dos tipus de polifonia: la homofonia, la veu més aguda era la veu que sobresortia sobre les altres. Totes les veus tenien el mateix ritme i la mateixa importància encara que la veu més aguda se sentia més; i el contrapunt, aquest es caracteritzava per l'ús de diferents ritmes i melodies en les diferents veus (contrapunt lliure), però en alguna ocasió era possible trobar una melodia que era interpretada per les diverses veus (contrapunt imitatiu).

**Imatge 13: Homofonia o exemple d'homofonia**



Font: <http://lpm-todomusica.blogspot.com.es/>

Imatge 14: Contrapunt lliure



Font:<http://lpm-todomusica.blogspot.com.es/>

Imatge 15: Contrapunt imitatiu



Font:<http://textura.martinhalaja.com/recursos/elcontrapunto>





### 2.2.1.1.3 Barroc


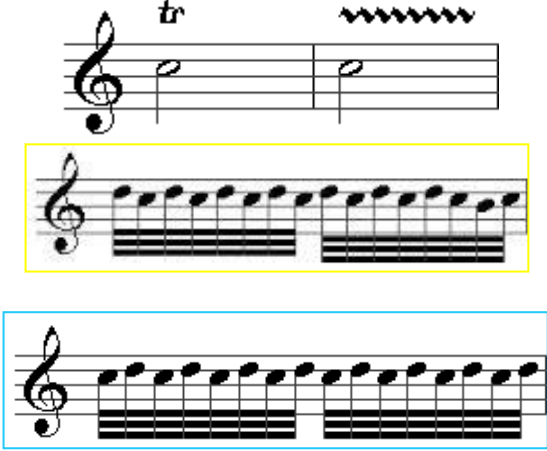
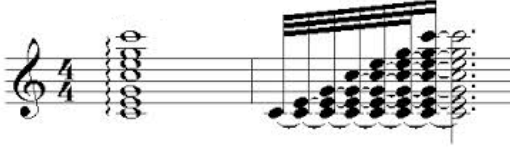




El Barroc va començar el 1600 i va acabar el 1750.

- Els instruments característics del barroc eren: l'arpa, la tiorba, la guitarra, el llaüt, el Hammerklavier (el piano de martells), l'orgue, el clavicordi, l'espina, el clavecí, el virginal, el violí (es crearen els violins Stradivarius), el violoncel, el contrabaix, la flauta de bec, el traverso (flauta travessera barroca), l'oboè tenor, el fagot, la corneta, la trompeta, el corn de caça (actualment anomenat trompa), els timbals i la veu.

- La melodia era més important que la resta de les veus, per tant sobresortien la melodies per sobre de l'acompanyament.
- El ritme era macat.
- Sorgí el baix continu, que consistia en la successió de notes interpretades per un instrument de tecla o greu, com per exemple el violoncel, el contrabaix, el fagot, l'orgue o el clavecí. Aquesta veu realitzava la base harmònica. El baix continu es repetia al llarg de l'obra i no hi havia interrupcions.
- En el Barroc com en el Renaixement s'utilitzava el contrapunt. La textura contrapuntística era molt repetitiva.
- El policoralisme instrumental consistia en què la partitura d'un gran nombre d'instruments estava relacionada entre sí, i que aquestes melodies creaven contrastos, cors i ecos entre elles. S'utilitzava la melodia acompanyada.
- Ús molt abundant d'elements ornamentals:

**Taula1: Elements ornamentals**

<p><b>Appoggiatura</b> Nota que està situada en temps o part de temps fort, precedeix per graus conjunts a una nota real de l'acord.</p>	
<p><b>Nota de pas</b> Nota que està situada en temps o part de temps feble, i uneix dues notes que pertanyen a un acord per graus conjunts.</p>	
<p><b>Brodadura</b> Nota que està situada en temps o part de temps feble entre dues notes iguals a una distància de 2ª Major o menor, superior o inferior.</p>	
<p><b>Grupet</b> És un conjunt de notes que giren al voltant de la nota</p>	

<p>principal per graus conjunts.</p>	
<p><b>Trinat</b>          Consisteix en la interpretació ràpida de la nota real amb la nota auxiliar superior.          És pot començar amb la nota auxiliar(re) o amb la nota principal o real (do).</p>	
<p><b>Arpegiat</b>          És la interpretació successiva, ràpida i amb igualtat dels valors de les notes d'un acord o interval harmònic.</p>	
<p><b>Escapada</b>          És una brodadura que no resol, es a dir, que no acaba amb un interval de segona .</p>	
<p><b>Retard</b>          És una nota que ve de l'acord anterior, es una prolongació de l'acord anterior, substitueix la nota real de l'acord amb un interval de segona superior o inferior.</p>	
<p><b>Anticipació</b>          És una nota que és real a l'acord següent, ataca temps abans que la resta de l'acord.</p>	
<p><b>Pedal</b>          És una nota que es prolonga durant un seguit d'acords i es manté immòbil en el baix la resta de les notes van canviant formant diferents acords.</p>	



Imatge 17: Sonata núm. 16 de Wolfgang Amadeus Mozart



Font:[http://imslp.org/wiki/Piano\\_Sonata\\_No.16\\_in\\_C\\_major,\\_K.545\\_%28Mozart,\\_Wolfgang\\_Amadeus%29](http://imslp.org/wiki/Piano_Sonata_No.16_in_C_major,_K.545_%28Mozart,_Wolfgang_Amadeus%29)

- En el classicisme desaparegué el baix continu i el contrapunt.
- S'utilitzava la textura homofònica com en el renaixement; d'altra banda la textura contrapuntística perdé importància.
- La tonalitat ja s'usava amb total normalitat i claredat entre els músics, i les funcions tonals bàsiques (subdominant IV, dominant V i tònica I ) s'efectuaven rigorosament.
- Sorgí les dinàmiques de *crescendo* i *diminuendo*.

### 2.2.1.1.5 Romanticisme

L'època del romanticisme va començar el 1815 i va acabar 1910.

- Els instruments que s'utilitzaven eren: flautí, corn anglès, clarinet baix, piano (el clavicèmbal desapareix), clarinet, el saxo.
- La melodia era fonamental durant el romanticisme, per aquest motiu s'utilitzava la melodia acompanyada, perquè així la melodia podia sobresortir rítmicament i harmònicament sobre



l'acompanyament. La melodia acostumava a ser senzilla, simètrica, curta i molt poc ornamentada.

- El ritme era lliure i va sorgir la polirítmia. La polirítmia consisteix diferents ritmes per les diferents veus. Es característic l'ús de dos ritmes diferents, i l'ús del *rubato* una nova tècnica rítmica que ofereix expressivitat, perquè aquest no s'ajusta al ritme del compàs, i varia el temps de la peça *accelerando* o *desaccelerando*.
- A la dinàmica hi havia gradacions de sons i contrastos que anaven del *pp* dins al *ff*.
- S'utilitzaven les enharmonies, els cromatismes, les dissonàncies i la modulació.
- L'enharmonia consisteix que dos notes tenen un so molt similar o igual però que tenen grafies diferents, un exemple és el mi bemoll i el re sostingut.
- El cromatisme consisteix en alterar una o diverses notes de l'escala diatònica (escala de 5 tons i 2 semitons) en un semitò.
- La dissonància és un acord o interval considerat desagradable tot i que és molt subjectiu dir si un interval o acord és desagradable o no.
- La modulació consisteix en passar d'una modalitat en una altra.
- La polifonia i el contrapunt s'utilitzaven en escasses ocasions.

### **2.2.1.2 Blues**

El blues és un estil de música que va sorgir als Estats Units entre 1870 i 1900.

Les característiques principals del blues són les següents:

- Els instruments que s'utilitzen són la veu, la guitarra, el piano, el baix, el banjo, l'harmònica, la trompeta, el saxo, el trombó i la bateria.
- El ritme és imprescindible per al blues, el més característic és el *shuffle* que consta de tresets és a dir tres corxeres equivalent a dos corxeres, a

primera de cada agrupació és més llarga i agafa 2/3, la segona nota no es repeteix i la tercera nota dura 1/3 dels grupet.

**Imatge 18: Shuffle**



- L'estructura consta de 4 compassos per frase i tres versos en un total de 12 compassos i tres acords que es van repetint.

**Taula 2: Estructura del blues**

(1) I	(2) IV	(3) I	(4) I
(5) IV	(6) IV	(7) I	(8) I
(9) V	(10) IV	(11) I	(12) I

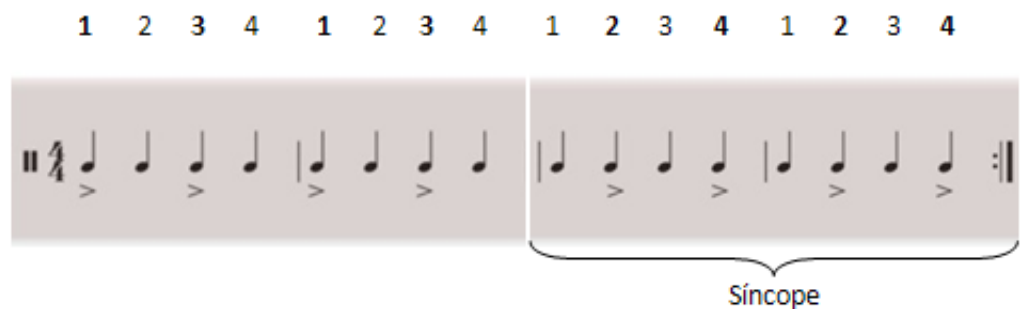
- Els blues de 8 compassos acostumen a començar amb anacrusi (temps feble del compàs).
- Igual que en el jazz, el blues utilitza els acords de quatre notes anomenats quatríades i que els acords més utilitzats són els dels graus de tònica, subdominant i dominant (I, IV, V).
- S'utilitza l'escala de blues una escala que s'utilitza en les progressions (unes repeticions d'un model principal però amb un...) es coneix com l'escala pentatònica menor.
- Les cançons expressen alegria però tenen un rerefons que vol transmetre tristesa.
- Els temes més abundants són l'amor, el patiment, el dolor, el desengany, els elements principals són els camins, els trens i els rius.
- Tal com es veurà en el jazz, el blues també s'utilitza l'escala pentatònica, però a la vegada s'utilitzen les notes de blues anomenades *Blue-notes*.

### 2.2.1.3 Jazz

El Jazz va sorgir a la dècada de 1900 a Nova Orleans.

- Els instruments que s'usen són: el clarinet, la flauta, la trompeta, el saxo, el trombó, la tuba, la guitarra, la guitarra elèctrica, el baix elèctric, el piano, el contrabaix, la bateria i la veu.
- L'element clau d'aquest estil és la improvisació, aquesta acostuma a acompanyar-se a través d'una progressió d'acords, és a dir, una successió d'acords en què es segueix un model hi ha varies repeticions.
- El ritme es caracteritza per l'ús de contratemps, de síncopes que són l'accentuació dels temps febles del compàs i les polirítmies.
- Un exemple de síncopa és el que trobem a continuació: en un compàs de 4/4 els temps forts són l'1 i el 3 però a les síncopes els temps forts són el 2 i el 4.

Imatge 19: Temps dels compassos



Font: elaboració pròpia

- L'estructura és AABA; cada part consta de 8 compassos. Primer es toca la melodia hi ha partir d'aquí es desenvolupen les improvisacions una vegada els oients sabent de quina basa parteixen.
- El Swing és un fraseig que consta de parelles de corxeres la primera de les quals és més llarga que la segona, això però no consta en la partitura però el músic que ho interpreta és conscient que ha de fer-ho.

- Els acords que s'utilitzen són les quatríades que són acords de quatre notes, encara que en altres estils s'utilitzen les tríades acords de tres notes. Els acords més utilitzats són els dels graus de tònica, subdominant i dominant (I, IV, V).
- A l'hora de crear la melodia s'utilitza l'escala de Blues, aquesta és una escala pentatònica, és a dir, de només cinc notes. Una escala té set notes, però a l'escala de blues es suprimeixen els graus IV i VII.
- Un exemple agafem l'escala de Do M que està formada per set notes de
- do a si, en canvi la pentatònica seria les mateixes notes excepte el fa (IV) i el si (VII).

**Taula3: Escala Do Major**

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO

**Taula4: Escala de Blues**

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
DO	RE	MI	-	SOL	LA	-	DO

- L'ús del *call and response*, que és una successió de frases que són tocades per músics diversos. La segona frase és una resposta de la primera frase.

#### **2.2.1.4 Música electrònica**

La música electrònica va iniciar-se a principis del segle XX.

- Els instruments característics d'aquest estil són instruments electrònics com les caixes de ritmes, el sintetitzador, els seqüenciadors i el sample, també hi ha instruments electromecànics alguns exemples

són la guitarra elèctrica i actualment ordinadors. La major part de les cançons són instrumentals i la veu no té tanta rellevància.

- La melodia perd importància i l'element clau de la cançó és el ritme.
- Hi ha molts gèneres i subgèneres de música electrònica, però cal destacar els més importants que són la techno, la house i l'electro.
- S'utilitzen tècniques com el DUB (ara també considerat com a gènere musical), que consisteix en aïllar pistes, és a dir, separar els elements rítmics d'un tema i després reconstruir-ho afegint sons amb efectes i ecos. Habitualment aquesta tècnica s'utilitza per fer remescles (remix).
- S'aposta pels sons ambientals i altres sons o sorolls per sobre de les estructures musicals, acords i escales, volen recuperar així la textura espacial de cada so.
- Recupera la textura espacial de cada so, per sobre d'acords, escales o estructures.

### **2.2.1.5 Country**

El Country es va iniciar el 1920 als Estats Units concretament a les zones rurals, i al Canadà.

- Els instruments principals del country són: la guitarra, el dobro (guitarra americana), steel guitar, el baix, la guitarra de pedal d'acer, la mandolina, el banjo, el violí, el contrabaix, la bateria, el piano, l'harmònica, l'acordió i la veu.
- El ritme que s'utilitza pot ser ternari (vals country) o binari, però en tots dos casos el ritme és lent i tranquil.
- Els acords formen l'acompanyament del baix, i són els acords dels graus I, IV i V.
- L'estructura habitual consta de setze compassos, és a dir, quatre compassos per una frase de les quatre que hi ha.

Taula5: Estructura de les cançons country

Frase 1	Do <sub>1</sub> (I)	Do <sub>2</sub>	Do <sub>3</sub>	Do <sub>4</sub>
Frase 2	Do <sub>5</sub>	Do <sub>6</sub>	Sol <sub>7</sub> (V)	Sol <sub>8</sub>
Frase 3	Do <sub>9</sub>	Do <sub>10</sub>	Fa <sub>11</sub> (IV)	Fa <sub>12</sub>
Frase 4	Do <sub>13</sub>	Sol <sub>14</sub>	Do <sub>15</sub>	Do <sub>16</sub>

- Es basa en escales majors però també en els modes antics concretament en tres: dòric, mixolidi i eoli.

Imatge 20: Dòric



Imatge 21: Mixolidi



Imatge 22: Eoli



- Igual que en el Blues, en el Country s'utilitza el ritme Shuffle.
- S'usa la tècnica del baix alternant, consisteix en canviar les notes del baix, les notes de les quals estan a dins de l'acord.

Imatge 23: Baix Alternant



### 2.2.1.6 Soul

El Soul va sorgir als Estats Units a finals de la dècada dels 50.

- Els instruments que s'utilitzen són: el saxo, el clarinet, la flauta, la trompeta, el trombó, la trompa, la bateria, el teclat, l'orgue, el piano, el teclat, la guitarra, el baix elèctric, el violí i les veus.
- El ritme és sincopat i s'utilitza la polirítmia.
- L'element fonamental és l'ús del *call and response*. Aquesta tècnica és molt habitual que s'utilitzi entre el cantant i el cor.
- L'ús de l'escala pentatònica com al blues i el jazz, i les blue-notes (blues).
- Ús de progressions.
- Predomina la varietat de textures: polifònica, homofònica o heterofonia.
- S'utilitza l'estil harmònic de barbershop, en aquest cas s'utilitzarà la textura homofònica. El barbershop consisteix en cantar a capella, no hi ha acompanyament instrumental, i les quatre veus reproduïxen una consonància d'acords (acords majors i menors).
- S'improvisa esporàdicament.

### **2.2.1.7 Rock**

El Rock va iniciar-se als anys 50 als Estats Units.

- Els instruments que s'utilitzen són: la guitarra elèctrica, la bateria, el baix elèctric, la veu i els teclats (el piano, el sintetitzador o inclús l'orgue). Les guitarres utilitzen les tècniques de riffs i slide.
- El temps és irregular varia segons el tipus de cançó, pot ser lent o ràpid.
- Utilització de contratemps.
- L'ús de la polifonia i heterofonia.
- L'ús de Off-beat és la variació del temps regular, un exemple senzill és la síncope però n'hi ha de complexes.
- És habitual la improvisació d'un guitarrista.

- El cantant utilitza una tècnica anomenada dirty –tones, que traduïda al català significa tons bruts.
- S'utilitzen sorolls, appoggiatures, silencis, trèmolos i vibrats .
- S'eviten les notes blues i s'utilitzen les notes Do, Mi i La.
- Predomini de la melodia en la tonalitat de Do major.
- Consta d'una estructura de dotze compassos en 4/4, quatre compassos per les tres frases que hi ha.

### **2.2.1.8 Pop**

La música pop és un estil de música popular, que va sorgir a la segona meitat del segle XX a la Gran Bretanya i als Estats Units.

Els elements propis del pop són:

- Els instruments més habituals són la veu, la guitarra elèctrica i acústica, el baix, la bateria i el teclat.
- Acostumen a ser cançons breus.
- L'estructura més senzilla i habitual és: estrofa – tornada – estrofa – tornada – pont – tornada. Habitualment consta de 32 compassos i la tornada sempre és molt repetitiva.
- Els temes que predominen acostumen a ser melòdics i de fàcil memorització, és a dir, que s'enganxin.
- Les lletres de les cançons són de temes sentimentals sobretot de les relacions amoroses, de la vida i de l'experiència.
- L'harmonia utilitza acords de subdominant (IV) – dominant (V) i tònica (I).
- Sempre s'ha considerat que aquest tipus música va adreçada a un sector de la societat jove, i orientada a les llistes de vendes de singles, però vol que el públic en general escolti aquest estil de música.



### 2.2.1.9 *Heavy metal*

El Heavy metal va sorgir als Estats Units i al Regne Unit a finals del anys 60.

- Els instruments que s'utilitzen en aquest estil són: la guitarra elèctrica, el baix elèctric, la bateria, els teclats i la veu.
- El ritme és contundent i emfàtic.
- S'utilitza l'acord de potència guitarra, uns acords que estan formats per la fonamental, la quinta i en ocasions l'octava de l'acord. La quinta ha de ser justa és a dir ha de tenir 3 tons i 1 semitò = 3,5 tons.
- L'acord de Do Major està format per la fonamental (I) Do, la tercera (III) Mi i la quinta (V) Sol, però per utilitzar l'acord de potència de guitarra només s'utilitzarà la fonamental i la quinta, és a dir, do i sol respectivament.

**Imatge 24: Acord de potència de guitarra**



- Alhora hi ha els acords de l'energia, ( ), aquests acords es basen amb els intervals de tercera major (dos tons), la tercera menor (un to i un semitò = 1,5 tons), la quarta justa (dos tons i un semitò = 2,5 tons), la quinta disminuïda (tres tons) i la sisena major (quatre tons i un semitò = 4,5 tons).
- De manera tradicional s'usen els modes antics, sobretot frigi i eoli.

**Imatge 25: Frigi**

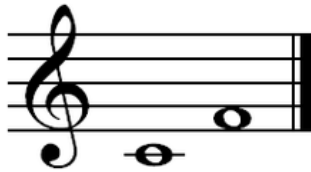


**Imatge 26: Eoli**



- L'ús de tritons, acords de quarta augmentada, és a dir, en comptes de tenir dos tons i mig com seria una quarta justa, té tres tons, els mateixos tons que té una quinta disminuïda.
  - Quarta justa = dos tons i un semitò

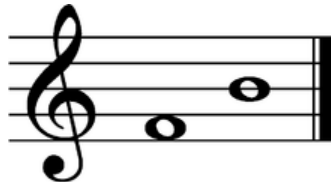
**Imatge 27: Interval 4a justa**



Font: [http://ca.wikipedia.org/wiki/Quarta#mediaviewer/Fitxer:4\\_czy.png](http://ca.wikipedia.org/wiki/Quarta#mediaviewer/Fitxer:4_czy.png)

- Quarta augmentada = tres tons

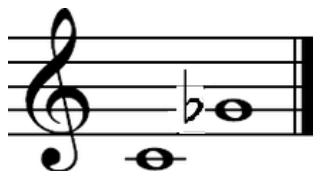
**Imatge 28: Interval 4a augmentada**



Font: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cuarta>

- Quinta disminuïda = tres tons

**Imatge 29: Interval 5a disminuïda**



Font: *elaboració pròpia*

- Utilització de *riff*, que és una frase que es repeteix durant la cançó excepte quan es produeix un solo, i habitualment és interpretada per la secció d'acompanyament i instruments rítmics. Els *riffs* que

s'utilitzen aquest estil, es basen en les progressions modals d'escala, l'ús de punts de pedals serveixen per distorsionar el so i progressions de tritons (interval de tres tons) i cromàtica (escala de semitons).

### **2.2.1.10 Rap**

El Rap va sorgir a finals dels anys 60 i inicis dels 70, a la ciutat americana de Nova York.

- El cantant està acompanyat d'una base instrumental conegut com a *beat*.
- El ritme constant i fort és la base del rap, i s'anomena break. El DJ és l'encarregat de seleccionar els breaks.
- L'ús del compàs  $\frac{3}{4}$ .
- La instrumental rítmica formada per instruments com la bateria, on a sobre d'aquesta pista el MC (mestre de cerimònies), s'anomena així la persona que canta o recita aquest tipus de música, recitarà o cantarà la melodia.
- Utilització del flow, aquest és una barreja de l'entonació i la rima. El flow determina el so d'característic de cada raper.
- En algunes ocasions s'utilitza la improvisació.

## **2.3 LA MÚSICA I EL CERVELL**

*“La buena música estimula las emociones, pero también proporciona un entorno donde las pasiones “disfrutan de sí mismas”, como lo expresó Nietzsche. La música ensalza la vida, le mejora y le da sentido. La buena música sobrevive al individuo que la creó. (...) La música es una fuente de conciliación, de júbilo y de esperanza que nunca falla” Anthony Storr (2012).*

### **2.3.1 Efectes generals de la música al cervell**

Els efectes més generals de la música sobre el cervell i el cos són el següents:

#### **1. Efectes biològics:**

Alteren el metabolisme.

Augmenta la energia muscular i molecular.

#### **2. Efectes fisiològics:**

Influeix en el batec del cor: la música sedant disminueix el ritme cardíac; en canvi la música estimulants acostuma a augmentar-lo.

Canvis en la pressió sanguínia i la respiració.

Incrementa l'activitat muscular.

Disminueix el dolor, perquè augmenta el nivell de resistència al dolor.

També afecta el sistema immunitari, l'endocrí i el límbic.

#### **3. Efectes intel·lectuals:**

Estimulen el pensament, la creativitat i la sensibilitat.

#### **4. Efectes psicològics:**

Ajuden a expressar les emocions.

Accelera la recuperació a pacients que han estat operats.

Ajuda a ser més feliç.

Desenvolupa la intuïció.

Fins i tot en determinades circumstàncies la música considerada trista millora l'estat d'ànim.

Produeix plaer calmant els nervis i creant un ambient de relaxació.

#### **5. Efectes socials**

Facilita el diàleg i la comunicació.

Promou l'entreteniment.

#### **6. Efectes espirituals**

Ajuda a reflexionar i meditar.

### **2.3.2 Característiques musicals i emoció**

La relació de música i emoció comença al cervell, aquests dos comparteixen una mateixa regió en aquest òrgan, coneguda com a còrtex prefrontal, segons els resultats d'un estudi d'un grup de científics de la Universitat de Dartmouth.

Hi ha tres elements claus que poden afectar a les funcions físiques, emocionals i cognitives.

1. **Melodia:** és l'element més important que es relaciona directament amb els nostres sentiments o emocions.
2. **Ritme:** estimula el sistema físic, el moviment.
3. **Harmonia:** intervé en el desenvolupament intel·lectual, va més enllà dels sentiments; pot generar serenitat si es consonant; i si és dissonant pot provocar ansietat, afectant les funcions cognitives. Per tan intervé la part mental.

Segons les característiques musicals responem anímicament d'una manera o d'una altra; a continuació trobem alguns estats d'ànims i elements o característiques musicals que ho produeixen.

Taula 6: Característiques musicals de les emocions bàsiques

	<b>Felicitat</b>	<b>Tristesa</b>	<b>Tendresa</b>	<b>Por</b>	<b>Ira</b>
Mode	Major	Menor	Major	Menor	Menor
Harmonia	Consonant	Dissonant	Consonant	Dissonant	Dissonant
Intervals	Amplès 4a/5a justa <b>Heavy metal</b>	Reduïts 2a menor	Reduïts	Reduïts	Amplès 7a/4a augmentada <b>Heavy metal</b>
Tons	Aguts	Mitjans – greus	Mitjans - greus	Aguts	Aguts
Tempo	Ràpid, lent - variable	Lent	Lent	Ràpid	Ràpid, lent - variable
Variabilitat del tempo	Petita	Gran ( <i>rubato</i> ) <b>Romanticisme</b>	Moderat	Gran	Petita
Ritme	Suau i fluït	-	-	Entrellats	Complex (sobtats canvis rítmics)
Volum	Mitjà - alt	Baix	Mitjà - baix	Baix variable	Alt
Articulació	<i>Staccato</i> <b>Barroc,</b> <b>Classicisme i</b> <b>Romanticisme</b>	<i>Legato i</i> <i>vibrato</i> lent <b>Música</b> <b>clàssica</b>	<i>Legato i</i> <i>vibrato</i> <b>Música</b> <b>clàssica</b>	<i>Staccato i</i> <i>vibrato</i> <b>Música</b> <b>clàssica</b>	<i>Staccato i</i> <i>vibrato</i> <b>Música clàssica</b>
Dinàmica	Ascendent i accelerando <b>Romanticisme</b>	Descendent i ritardando <b>Romanticisme</b>	Ascendent	Ascendent	Accelerando <b>Romanticisme</b>
Altres					Atonalitat

Font: elaboració pròpia

### 2.3.3 Efectes i emocions dels diversos estils de música al cervell

S'expliquen els efectes i/o emocions dels estils musicals al cervell. També hi haurà el títol d'una cançó d'aquest estil que s'inclou dins d'un CD que es podrà escoltar i comprovar els efectes d'aquestes cançons.

### **2.3.3.1 Música clàssica**

La música clàssica és l'estil musical amb més bons efectes a nivell intel·lectual i emocional.

- S'activa la *betaendorfina* que és l'hormona que redueix l'estrès i tendeix a relaxar el cos.
- Estimular la ment.
- Fa més eficient la capacitat de pensament o de pensar, de memòria, d'aprenentatge i entronització social.
- Millora la concentració, disminueix la tensió nerviosa, regula el dolor i produeix un estat de benestar a través de la hormona *dopamina* també coneguda com a hormona del plaer.
- La dopamina reforça els conductes que s'estan realitzant augmentant la probabilitat de repetició en un futur.
- La música barroca crea un ambient idoni per estudiar i treballar; també produeix sensacions d'ordre, seguretat o estabilitat.
- La música de l'època classicista facilita la memòria i millora la concentració i la percepció espacial.
- La música de l'època romàntica evoca els sentiments com la compassió, la compatibilitat i l'amor.

#### **Cançons:**

1. Medieval: La peça **Ave generosa** de Hildegard von Bingen.
2. Renaixement: **Pavana I, II i III** del valencià Lluís Milà.
3. Barroc: Trobem l'obra **La Stravaganza concert núm. 12 en Sol Major** d' Antoni Vivaldi.
4. Classicisme: **Simfonia núm. 40 en Sol menor** de Wolfgang Amadeus Mozart.
5. Romanticisme: **Nocturn Mi Bemoll Major op. 9 núm. 2** de Frederic Chopin.

### **2.3.3.2 Blues i Jazz**

Les cançons d'aquests dos estils són ideals per l'origen del blues se'l relaciona amb el patiment de la societat negra que estava esclavitzada.

- Llibertat espiritual a través de la tristesa i el dolor.
- No són uns estils tristos, sinó que ajuden a que la tristesa desaparegui, aixequen l'ànim.
- Estimula els sentits, relaxa i tranquil·litza la ment i estableix relacions entre acció - reacció.
- Fomenten serenitat i sinceritat.
- Produeix alegria i tristesa profundes.

**Cançons:**

6. Blues: **I'm tore down** de Freddy King.
7. Jazz: **Just one of thoses things** de Jamie Cullum.

### **2.3.3.3 Música electrònica**

Encara que podria semblar que la música electrònica no té uns efectes positius passa tot el contrari, té efectes semblants a la música clàssica.

- Estimula hormones energètiques per aquest motiu ens manté actius.
- Produeix alegria.
- Millora la memòria.
- Millora la sincronització entre els dos hemisferis cerebrals.
- Disminueix les ones beta "dolentes", aquestes ones "dolentes" es creen quan la persona es troba en un estat d'hiperactivitat.
- Augmenten les ones beta "bones" aquestes ones augmenten el seu nivell quan el cervell actua amb rapidesa.

**Cançó:**

8. **Knock you out** de Bingo Players.



### **2.3.3.4 Country**

La música country és l'estil relacionat amb els antics ranxos del sud d'Estats Units d'Amèrica.

- Depressió es provocada pel baix nivell de serotonina, antiga música country. Que pot fins i tot provocar el suïcidi.
- Sensació de benestar.

**Cançó:**

9. **Mean** de la cantant americana Taylor Swift.

### **2.3.3.5 Soul**

Com el seu nom indica la música soul és la música de l'ànima.

- Estimula l'hormona Oxitocina coneguda com l'hormona del amor, de la monogàmia de la confiança o de l'empatia, aquesta facilita l'emoció i els sentiments.
- Són cançons que poden aixecar l'ànim i també són inspiradores.

**Cançó:**

10. **Take the box** d'Amy Winehouse.

### **2.3.3.6 Rock**

El rock és ideal per les persones enèrgiques.

- Augmenta l'adrenalina considerablement i impulsa el moviment.
- Si a l'oient li agrada aquest estil l'ajudarà a reduir l'estrès i alliberar tensions (betaendorfina).
- Allibera gran quantitat d'adrenalina del cervell, això provoca un estat d'acceleració de la persona.
- Pot crear tensió, estrès, dolor i desconcert quan no volem escoltar aquest tipus de música, apareix l'hormona *cortisol*.

**Cançó:**

11. **Can't you hear me knocking** dels Rolling Stones.

### **2.3.3.7 Pop**

Un dels estils més escoltats entre els adolescents ja que busquen la felicitat.

- Alegria i plaer les encarregades de proporcionar la felicitat són les hormones encefalines i endorfines.
- Ajuden a perdre la por i tenir coratge.
- Gaudir de cada moment.
- El mateix que passa amb el rock, la música pop facilita l'alliberament d'adrenalina del cervell, per aquest motiu faciliten l'estimulació del moviment.
- Normalment produeix sensació de benestar.

**Cançó:**

12. **Last first kiss** del grup britànic One Direction.

### **2.3.3.8 Heavy metal**

L'estil conegut com el metall dur.

- Augmenten les hormones luteïnitzants estrògens calmants i estimulants.
- Altera les hormones de la testosterona.

**Cançó:**

13. **Sad but true** de Metallica.

### **2.3.3.9 Rap**

El rap l'estil que defineix a molt adolescents insatisfets amb la societat i el món que els envolta.

- Aquest estil de música estimula les hormones energètiques com l'adrenalina.
- Poden promoure sentiments tan positius com negatius.
- Impedeix la concentració i la relaxació.

**Cançó:**

14. **The Monster** d'Eminem amb la col·laboració de Rihanna.

## **3 APLICACIÓ PRÀCTICA**

La part pràctica consta d'una magnetoencefalografia, una prova per veure els efectes reals de la música al cervell; però primer de tot, una explicació teòrica sobre com funciona aquesta tècnica.

### **3.1 MAGNETOENCEFALOGRAFIA**

#### **3.1.1 Què és?**

La magnetoencefalografia (MEG) és una eina eficaç de investigació i diagnòstic en l'estudi no invasiu de l'activitat cerebral. Està basada en la detecció no invasiva dels febles camps magnètics cerebrals produïts per la suma dels camps generats per corrents intracel·lulars de les dendrites de les neurones piramidals. L'activitat captada per la MEG és principalment situada als solcs, per el tipus d'orientació de les dendrites, que serà tangencial a la superfície i permetrà generar un camp magnètic perpendicular que pugui ser captat a l'exterior.

Actualment està format per 306 canals que permeten elaborar mapes de l'activitat magnètica cerebral simultània de tot el cap (whole-head), amb una resolució espacial molt alta, de  $5\text{mm}^3$  i fusionant sobre una imatge estructural i temporal d'1ms.

La MEG amb la combinació d'altres tècniques funcionals pot aproximar-se a la identificació d'àrees cerebrals relacionades amb diverses funcions cognitives (llenguatge, memòria, activitat motora i somatosensorial,...).

---

**La MEG capta el que de forma absolutament natural surt del nostre cervell.**

---

Imatge 30: Unitat de MEG Centre Quirón Teknon



Font: pròpia

### **3.1.2 Prova**

La prova va constar de cinc cançons a més d'un parell de minuts en què havia d'imaginar que estava tocant el piano.

Les cançons que havia d'escollir havien d'estar classificades en cançons que conegués, que no conegués i que no m'agradessin.

Les cançons que vaig escollir eren:

1. Una cançó que toco amb el violí, concert en La menor de Bach.
2. Una cançó que m'agrada i conec la lletra titulada Hall of fame del grup irlandès The Script.
3. Una cançó que no m'agrada Strange Fruit de Billie Holiday.
4. Una cançó que no conec del cantant Jamie Cullum titulada These are the days.
5. Una cançó que m'agrada, en aquest cas vaig escollir la cançó Músic de Carrer de Txarango.
6. Finalment vaig imaginar-me que tocava un instrument, el piano.

Imatge 31: Prova

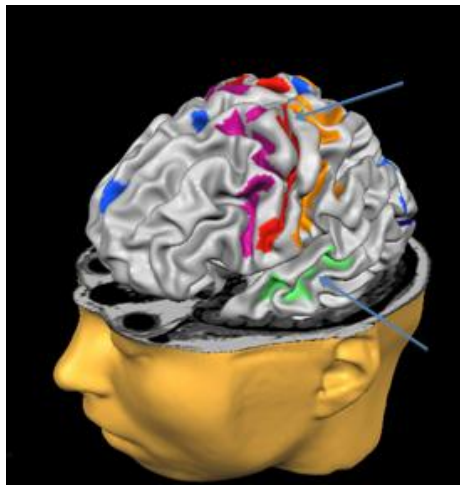


Font: elaboració pròpia

### **3.1.2.1 Resultats**

#### **1. Concert en La menor de Johann Sebastian Bach per a violí**

Imatge 32: Resultat 1



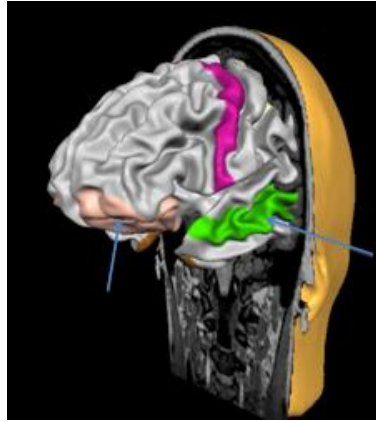
Hi ha activació en moltes àrees, un dels motius és que aquesta peça la conec hi ha més a més la toco amb el violí, això fa que s'activi l'àrea motora, és la zona cerebral que està relacionada a l'hora de tocar un instrument, per tant, s'ha activat perquè ho relacionava inconscientment com si estigués tocant el violí mentre sonava la cançó, és la part vermella en la imatge.

Una altra àrea és l'àrea auditiva que es troba al còrtex temporal, l'àrea somatosensorial (color taronja).

Altres àrees que s'han activat però poca estona han estat l'àrea visual en la imatge de color blau a la zona occipital i l'àrea pre-motora color magenta.

## 2. Hall of fame – The Script

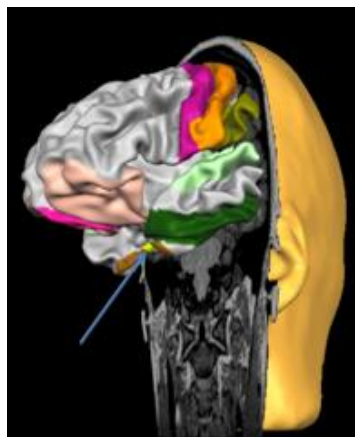
Imatge 33: Resultat 2



A la segona cançó la zona cerebral que destaca més és la del llenguatge, el processament de les paraules, que es troba a l'àrea frontal (color carn) i evidentment l'àrea temporal (zona auditiva color verd). Aquesta és una cançó que conec bé la lletra i també l'he tocat amb el piano, per això l'àrea motora també està activada (color magenta).

## 3. Strange Fruit – Billie Holiday

Imatge 34: Resultat 3

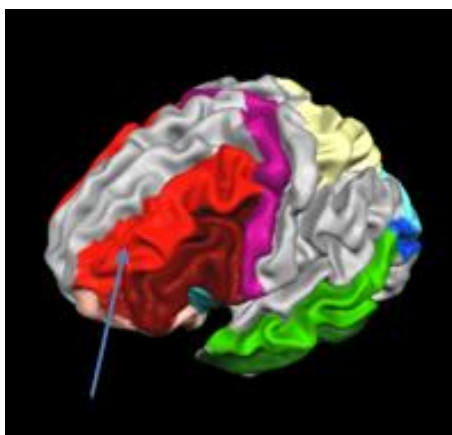


En aquesta tercera secció cal destacar l'àrea de les emocions (color verd festuc), el problema és la dificultat a l'hora de poder identificar si les emocions que produeix

aquesta cançó són positives o negatives. D'altres àrees que s'han activat són la del llenguatge (àrea frontal), còrtex temporal de color verd clar, l'àrea motora de color magenta, àrea de l'escriptura i també de la lectura i la zona somatosensorial.

#### **4. These are the days – Jamie Cullum**

Imatge 35: Resultat 4

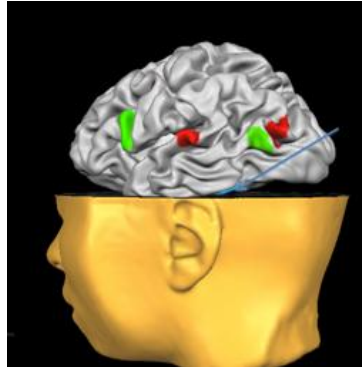


La quarta cançó al ser una cançó desconeguda, que no l'havia sentit cap vegada produeix molta activació en diverses àrees del cervell, entre les quals cal destacar l'àrea pre-motora és la zona que s'encarrega de la captació de la novetat (color vermell) i l'àrea visual (color blau). Altres àrees més secundàries són l'àrea frontal (llenguatge), còrtex temporal (auditiu), l'àrea motora i l'àrea somatosensorial (color granate la parla) i de color groc l'àrea de l'associació somatosensorial vinculada amb els records per relacionar-ho amb alguna altra cançó o experiència.



## 5. Músic de Carrer – Txarango

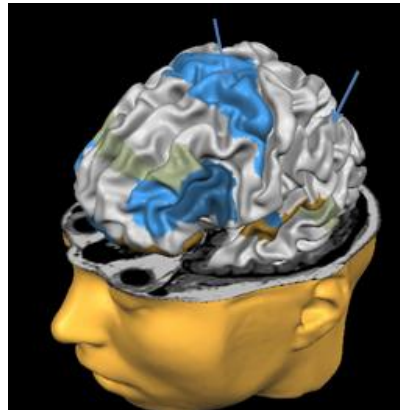
Imatge 36: Resultat 5



Activació de la zona on es produeix el processament emocional part de sota del cervell, zona de color blau. Altres àrees serien el còrtex temporal i la zona somatosensorial.

## 6. Part imaginativa

Imatge 37: Resultat 6



S'activen àrees com l'occipital (visió), la motora relacionada amb la imaginació del moment en què estic tocant el piano i la somatosensorial. També l'àrea del llenguatge.

## 4 CONCLUSIONS

La música és molt important per a tots els éssers humans, tant petits com grans independentment de les nostres aficions, podem gaudir d'instants de música o acompanyats de música. La música afecta al cervell d'una manera que podríem qualificar de màgica, ja que l'efecte que produeix és tant gran però a la vegada imprevisible, perquè cada persona quan sent una cançó l'escolta, la interpreta i en gaudeix de manera diferent, tot i que poden haver-hi semblances entre persones però l'efecte serà diferent segons les experiències viscudes, però sobretot allò amb que relacionem la cançó.

### ***Hipòtesis:***

- ✓ La primera hipòtesis plantejada és certa, encara que pot semblar difícil d'entendre que un art tan simple sigui capaç de modificar l'òrgan més complex dels humans, i el fet que avui dia se sàpiga tan poca cosa sobre aquest òrgan fa encara més rellevant l'evidència de que la música ens afecta als éssers humans.
- ✓ Cada gènere musical amb les seves característiques modifica el cervell de manera particular, podem dir que poden haver-hi canvis semblants entre estils però cal destacar que la música clàssica és l'estil amb més efectes positius sobre el cervell i un d'ells és la millora de la concentració, per tan, la segona hipòtesis és certa.
- ✓ La última hipòtesi que plantejava és falsa, perquè són les cançons que escoltem per primera vegada les que tenen una activació cerebral més gran que no pas les cançons que ja hem sentit. Perquè s'activen els sentits, es posen alerta, per intentar relacionar allò que estem sentint per primera vegada amb alguna cançó que ja hem sentit, o una experiència o un sentiment ja vist, sentit o viscut amb anterioritat.

Segons Friedrich Nietzsche, un dels grans filòsofs de la història, “sense música la vida seria un error”, sense cap mena de dubte una de les millors frases sobre la música que ens impulsa a pensar encara més la importància que té, i que la música és una eina per poder ser més feliços o si més no per intentar-ho. Per això, tal i com aconsella en Jordi Jauset hem d'introduir la música a les nostres vides.

## 5 BIBLIOGRAFIA WEB I BIBLIOGRAFIA

### 5.1 Bibliografia web

#### 5.1.1 Cervell

*Edu 365: El cos humà.* (sense data). Consultat el 22 de 07 / 2014, de <http://www.edu365.cat/aulanet/coshuma/>

*International House: Les dues meitats del cervell.* (sense data). Consultat el 12 / 02 / 2014, de [http://www.ihes.com/mat/articles/dues\\_meitats.html](http://www.ihes.com/mat/articles/dues_meitats.html)

*Juntadeandalucia: El cuerpo humano: Sistema Nervioso.* (sense data). Consultat el 21 / 03 / 2014, de <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~29701428/salud/nervio.htm>

*La música, el lenguaje universal: Sólo sé que no sé nada.* (2011). Consultat el 01 / 07 / 2014, de <http://jesusgonzalezfonseca.blogspot.com.es/2011/06/la-musica-el-lenguaje-universal.html>

*Medicalartlibrary: Cerebral Cortex- Functional Areas.* (2011). Consultat el 01 / 09 / 2014, de <http://www.medicalartlibrary.com/cerebral-cortex.html>

*Ment humana .* (2011). Consultat el 14 / 07 / 2014, de <http://menthumana.blogspot.com.es/2011/01/11-parts-i-funcions-de-lencefal.html>

*Viquipèdia: Cervell.* (sense data). Consultat el 12 / 02 / 2014, de <http://ca.wikipedia.org/wiki/Cervell>

#### 5.1.2 Música

*Característiques del rock; UNITAT 2: La història del Rock.* (sense data). Consultat el 19 / 07 / 2014, de <https://sites.google.com/site/unitat2lahistoriadelrock/decada-dels-50/caracteristiques-del-rock>

*Centro de Recursos Informativos Amador Washington.* (sense data). Consultat el 12 / 07 / 2014, de <http://photos.state.gov/libraries/panama/11567/Americanas2011/asoul2011.pdf>

*Cuna y cumbre del rap.* (2012). Consultat el 04 / 08 / 2014, de <http://atrapalaspalabrashazlasbalas.blogspot.com.es/2012/06/caracteristicas-del-rap.html>

*El rock and roll.* (sense data). Consultat el 03 / 07 / 2014, de <http://blocs.xtec.cat/rock50/6-el-country/formacio-de-la-musica-country/composicio-musical-del-country/>

*Els Luthiers.* (2012). Consultat el 30 / 06 / 2014, de <http://elsluthiers.wordpress.com/7-historia-musica/>

*Estils musicals actuals: Influència de la música per canviar el món.* (2012). Consultat el 26 / 06 / 2014, de <https://sites.google.com/a/terrassa.epiaedu.cat/la-influencia-de-la-musica-per-canviar-el-mon/evolucio-de-la-musica-en-la-societat/estils-musicals-actuals>

*Filomúsica: Apectos generales sobre la interpretación.* (sense data). Consultat el 21 / 08 / 2014, de <http://www.filomusica.com/filo88/inthistorica.html>

*Fundación Juan Bautista Plaza.* (2004). Consultat el 26 / 06 / 2014, de <http://www.fundacionjuanbautistaplaza.com/his05.htm>

*Guitarmonia.* (02 / 04 / 2013). Consultat el 30 / 06 / 2014, de <http://www.guitarmonia.es/blog/el-shuffle/>

*Instruments del Renaixement.* (2013). Consultat el 26 / 06 / 2014, de <http://grups.blanquerna.url.edu/m38/3/3d.htm>

*La textura musical.* (2008). Consultat el 30 / 06 / 2014, de <http://textura.martinhalaja.com/>

*Marcelo Mello.* (2004). Consultat el 22 / 06 / 2014, de [http://marcelomelloweb.net/mmgtr\\_blues.htm](http://marcelomelloweb.net/mmgtr_blues.htm)

*Mcarmenfer's Blog.* (12 / 04 / 2012). Consultat el 02 / 07 / 2014, de <http://mccarmenfer.wordpress.com/2012/04/12/etapas-y-caracteristicas-de-la-musica-barroca/>

*Música 4rt d'ESO.* (2012). Consultat el 22 / 06 / 2014, de <http://jordiplaiamuntaner.blogspot.com.es/2010/09/prova1.html>

*Música y sus géneros.* (2009). Consultat el 02 / 07 / 2014, de <http://musica-y-susgeneros.blogspot.com.es/>

*Música: La veu de l'optativa.* (2011). Consultat el 02 / 07 / 2014, de <https://sites.google.com/site/optativesdemusica/home>

*Scribd.* (sense data). Consultat el 03 / 07 / 2014, de <http://es.scribd.com/doc/27979770/La-musica-en-El-Classicisme-1750-1810-Aprox>

*Rinconada .* (2014). Consultat el 12 / 07 / 2014, de [http://rincoanda.blogspot.com.es/p/blog-page\\_5.html](http://rincoanda.blogspot.com.es/p/blog-page_5.html)

*Sonorika.* (sense data). Consultat el 04 / 08 / 2014, de <http://www.sonorika.es/v2/musica/genere/rap/>

*Teoria de les escales musicals.* (2013). Consultat el 01 / 07 / 2014, de <http://www.albertvila.cat/teoria-escales-musicals/teoria-escales-musicals-modes.htm>

*Tot és música: Estils musicals.* (2008). Consultat el 22 / 06 / 2014, de <http://blocs.xtec.cat/albertmusica/category/estils-musicals/>

*Wikiolè: La música y sus principales Géneros.* (2013). Consultat el 01 / 07 / 2014, de <http://wikiolè.com/la-musica-y-sus-principales-generos/>

*Yahoo: Características del rock.* (2009). Consultat el 19 / 07 / 2014, de <https://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20090531152843AAJ2g7s>

### **5.1.3 Música i cervell**

*CNN: Cómo afecta a tu cerebro cada género musical.* (2013). Consultat el 18 / 07 / 2014, de <http://cnnespanol.cnn.com/2013/01/18/como-afecta-a-tu-cerebro-cada-genero-musical/>

*Efectos de la Música en el cerebro y el ánimo.* (2012). Consultat el 04 / 08 / 2014, de [http://notadeprensa.pro/musica/nota/sagunto\\_morvedre\\_desarrollo\\_web\\_/foros/efectos\\_la\\_musica\\_el\\_cerebro\\_el\\_animo/8](http://notadeprensa.pro/musica/nota/sagunto_morvedre_desarrollo_web_/foros/efectos_la_musica_el_cerebro_el_animo/8)

*Efectos de la musica en las personas .* (2012). Consultat el 09 / 01 / 2014, de <http://efectosdelamusicaenlaspersonas.blogspot.com.es/>

*GIPEM: El efecto de la Música en nuestro Cerebro.* (2009). Consultat el 12 / 07 / 2014, de <http://gipemblog.wordpress.com/2009/08/13/el-efecto-de-la-musica-en-nuestro-cerebro/>

*La música dels adolescents.* (2009). Consultat el 22 / 07 / 2014, de <http://blocs.xtec.cat/manil/category/caracteristiques-del-rock/>

*La música y el cerebro.* (2010). Consultat el 18 / 08 / 2014, de <http://blogmusicaycerebro.blogspot.com.es/p/la-musica-sedante.html>

*La mente es maravillosa: Música y emociones.* (sense data). Consultat el 22 / 07 / 2014, de <http://lamenteesmaravillosa.com/musica-y-emociones>

*La música: Efectos de la música.* (2013). Consultat el 09 / 01 / 2014, de [http://rincondelamusicagr.blogspot.com.es/p/blog-page\\_7.html](http://rincondelamusicagr.blogspot.com.es/p/blog-page_7.html)

*Lifehacker: How Music Affects and Benefits Your Brain.* (2013). Consultat el 24 / 07 / 2014, de <http://lifehacker.com/how-music-affects-the-brain-and-how-it-benefits-you-1469597259>

*Mecoboy: Como afecta la música al ser humano.* (sense data). Consultat el 30 / 07 / 2014, de <http://mecoboy.wikispaces.com/como+afecta+la+musica+al+ser+humano>

*Mujer al día: Beneficios de escuchar música electrónica.* (2014). Consultat el 01 / 09 / 2014, de <http://www.mujeraldia.com/reportajes/beneficios-escuchar-musica-electronica.html>

*Muy interesante: La neurociencia de la música.* (2013). Consultat el 21 / 08 / 2014, de <http://www.muyinteresante.com.mx/ciencia/558784/areas-cerebro-se-activan-con-musica-reacciones-quimicas/>

*Pijamasurf: Los beneficios de la música para tu mente* . (2013). Consultat el 14 / 07 / 2014, de <http://pijamasurf.com/2013/02/los-beneficios-de-la-musica-para-tu-mente/>

*Prezi: Com afecta la música al nostre estat d'ànim?* (2013). Consultat el 09 / 07 / 2014, de <http://prezi.com/blk0-h7ik0x8/com-afecta-la-musica-al-nostre-estat-danim/>

*Prezi: Els sentiments que produeix la música.* (2014). Consultat el 15 / 07 / 2014, de [http://prezi.com/r\\_v9mask0xfz/els-sentiments-que-produeix-la-musica/](http://prezi.com/r_v9mask0xfz/els-sentiments-que-produeix-la-musica/)

*Psychcentral: Music & How It Impacts Your Brain, Emotions.* (2013). Consultat el 19 / 07 / 2014, de <http://psychcentral.com/lib/music-how-it-impacts-your-brain-emotions/00017356>

*Slideshare: Cómo afecta la música en el cerebro.* (2013). Consultat el 24 / 07 / 2014, de <http://www.slideshare.net/MMinaRivera/cmo-afecta-la-msica-en-el-cerebro>

*Slideshare: Como afecta la musica que escuchamos.* (2012). Consultat el 09 / 07 / 2014, de <http://www.slideshare.net/wolfstein/como-afecta-la-musica-que-escuchamos-13992385>

*Taringa: ¿Que Efecto tiene la Música en tu Cerebro?* (2012). Consultat el 21 / 08 / 2014, de <http://www.taringa.net/posts/salud-bienestar/14323095/Que-Efecto-tiene-la-Musica-en-tu-Cerebro.html>

*Tendencias Científicas: Descubierta la relación entre la música, la emoción y el cerebro* . (sense data). Consultat el 30 / 07 / 2014, de [http://www.tendencias21.net/Descubierta-la-relacion-entre-la-musica-la-emocion-y-el-cerebro\\_a75.html](http://www.tendencias21.net/Descubierta-la-relacion-entre-la-musica-la-emocion-y-el-cerebro_a75.html)

*Tipos de Música y estado de ánimo.* (sense data). Consultat el 15 / 07 / 2014, de <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=912>

*Youtube: Mi Gran Cerebro: El cerebro de un músico* . (2009). Consultat el 24 / 07 / 2014, de <https://www.youtube.com/watch?v=cNzRvJgwcx4&feature=youtu.be>

## **5.2 Bibliografia**

Jauset, J. A. (2013). *Cerebro y música, una pareja saludable*. Sevilla: Círculo Rojo.

Storr, A. (2012). *La música y la mente*. Barcelona: Colección Booket.

Unturbe, F. M., Lago, M. R., & Alonso, R. C. (2008). *Neuroimagen - Técnicas y procesos cognitivos*. Barcelona: Elsevier Masson.

## **6 AGRAÏMENTS**

Una vegada finalitzat el treball toca fer una ullada al passat i veure que darrere d'aquestes pàgines hi ha la col·laboració de diverses persones i que des de l'inici fins al final m'han ajudat i acompanyat en aquest recorregut i gràcies a totes aquestes persones he pogut arribar fins a la meta, acabant el treball de recerca.

Per aquest motiu vull agrair a totes aquelles persones que m'han ajudat. Primerament, a la Marta Bosch, la tutora, per les pautes, els comentaris i les instruccions que m'ha anat guiant per un camí complicat, per això moltes gràcies Marta!

Al doctor Rafal Nowak del Centre Teknon, per obrir-me a la porta a un món completament desconegut per a mi com era la magnetoencefalografia. Gràcies pels teus coneixements, la teva implicació, simplement tota la feina i dedicació que han ajudat a donar solidesa al treball. Crec que l'esforç i l'interès que has mostrat m'ha impulsat a tirar endavant el treball hi ha obtenir resultats sorprenents. Moltes gràcies ha estat un plaer conèixer-te i poder "treballar" amb tu!

Al Jordi Jauset per facilitar-me el seu llibre ple de saviesa.

Finalment, agrair a la família el pare i la mare, el Pau i la Júlia i també la resta de família; especialment la meva cosina la Maria per ajudar-me a organitzar i repolir el treball i per totes les estones dedicades a ajudar-me.

A la vegada, agrair a altres persones que s'han interessat pel desenvolupament del treball.

Gràcies a l'esforç, la implicació i l'interès de tots vosaltres aquest treball ja és una realitat.

Un sincer agraïment a tots vosaltres!



# ***ANNEX***



## Índex

1	Magnetoencefalografia (MEG).....	3
1.1	Introducció .....	3
1.2	Funcionament .....	3
1.2.1	Fonaments bàsics .....	3
1.2.2	Morfologia neuronal .....	4
1.2.3	Orientació neuronal .....	5
1.2.4	Instrumentació de captació del senyal.....	6
1.2.5	Soroll magnètic:.....	8
1.2.6	Característiques.....	8
1.2.7	Diagnòsics .....	9
1.3	Mètodes d’anàlisi de la senyal elèctrica .....	10
1.3.1	Introducció .....	10
1.3.2	Tècniques de reconstrucció de fonts .....	12
1.3.3	Anàlisi de les oscil·lacions cerebrals .....	15
1.4	Altra informació .....	15
1.4.1	Característiques del lloc on s’ha realitzat la pràctica .....	15

## Índex d’imatges

Imatge 1:	Corrents de la transmembrana .....	4
Imatge 2:	Tipus de cèl·lules cerebrals .....	5
Imatge 3:	Camp magnètic.....	10
Imatge 4:	Distribució dels sensors.....	11
Imatge 5:	Camp neuromagnètic i topografia del camp magnètic.....	13
Imatge 6:	Tècnica de la norma mínima .....	14

# 1 Magnetoencefalografia (MEG)

## 1.1 Introducció

La MEG és la millor tècnica de neuroimatge en resolució temporal.

## 1.2 Funcionament

### 1.2.1 Fonaments bàsics

Una neurona que es trobi en estat basal tindrà una carrega negativa i l'exterior estarà carregat positivament.

La corrent iònica transmembrana associada al canvi de conductància de la membrana neural produeix corrents intracel·lulars i extracel·lulars.

Una neurona aïllada en un medi conductor passiu, és la corrent intracel·lular la que predomina com a font de camp magnètic perquè presenta una reducció de la densitat del corrent axial als límits de la membrana.

Les corrents extracel·lulars contribueixen a la generació de camp perquè la densitat del corrent distribuïda a la part exterior de la membrana és relativament baixa perquè presenta una simetria radial i com a conseqüència la intensitat del camp baixa.

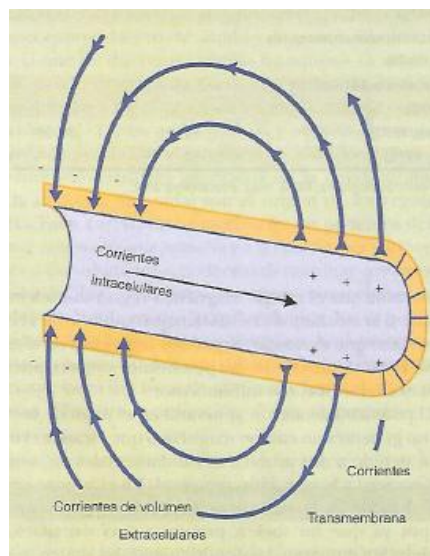
Les corrents intracel·lulars poden ser associades amb sinapsis inhibidòria o excitatòries que produeixen canvis a la conductivitat de la membrana postsinàptica i donen lloc a corrents intracel·lulars. La corrent que es troba dins la neurona sempre es dirigeix cap l'àrea de menys resistència elèctrica, normalment des de la dendrita al soma. D'altra banda, la corrent extracel·lular va des del soma a la dendrita completant les línies del flux.

El camp magnètic registrat a l'exterior és el resultat dels potencials postsinàptics tant excitatòries com inhibitoris.

El potencial de l'acció generat a l'axó de la cèl·lula no generarà un camp magnètic que superi l'exterior degut a la sumació temporal i la sumació espacial.

Les senyals intermèdies contribueixen tan sols de forma molt limitada a la generació de camps magnètics amb la suficient magnitud com per poder ser registrats a l'exterior. El generador principal del camp magnètic registrat a l'exterior són les corrents intracel·lulars de les dendrites apicals de les neurones piramidals, que presenten una sumació espacial i temporal suficients.

**Imatge 1: Corrents de la transmembrana**



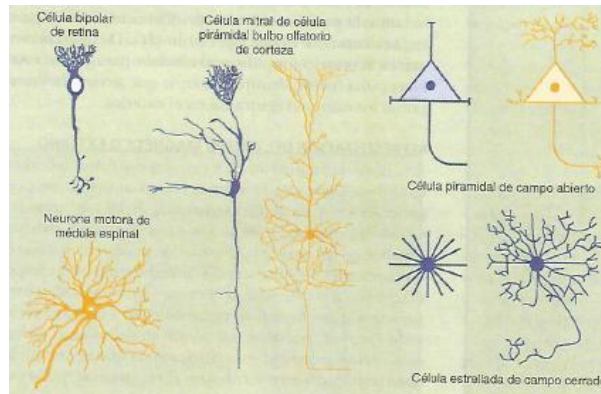
Font: Unturbe, F. M., Lago, M. R., & Alonso, R. C. (2008). *Neuroimagen - Técnicas y procesos cognitivos*. Barcelona: Elsevier Masson.

## 1.2.2 Morfologia neuronal

Hi ha dos tipus de neurones: les neurones de camp obert corresponen fonamentalment a les neurones piramidals del còrtex, i les neurones de camp tancat, són les que presenten una distribució radial de les seves dendrites.

Els camps magnètics productes d'una estimulació neuronal tindran el seu origen principalment a aquelles que provinguin de neurones que segueixin el model de camp obert perquè la resta de neurones no podran ser detectades almenys actualment a causa de la feblesa del camp circumdant.

## Imatge 2: Tipus de cèl·lules cerebrals



Font: Unturbe, F. M., Lago, M. R., & Alonso, R. C. (2008). *Neuroimagen - Técnicas y procesos cognitivos*. Barcelona: Elsevier Masson.

### 1.2.3 Orientació neuronal

Les neurones presenten totes les orientacions possibles amb respecte el crani, constituïda per la superfície transcranial.

Els camps magnètics que tinguin una orientació perpendicular al sentit de la corrent de manera que aquelles neurones que presentin una orientació perpendicular a l'esfera no permetrà que els camps magnètics que generen com a resultat de l'estimulació elèctrica siguin detectats a l'exterior.

Aquelles neurones les dendrites de les quals s'orientin de manera tangencial a la superfície generaran un camp magnètic perpendicular que podrà ser captat a l'exterior. Aquestes orientacions es produeixen als solc.

Només es representen aquelles camps generats per les dendrites apicals de les neurones piramidals situades als solc i per tant les dendrites situades als girs.

## 1.2.4 Instrumentació de captació del senyal

Els camps magnètics captats a l'exterior es representen mitjançant línies d'isocamps on les densitats del flux del camp són constants, presentant una regió on els camps emergeixen i simètricament normalment on els camps entren.

### 1.2.4.1 SQUID

Els camps magnètics generats pel cervell són mesurats per un dispositiu superconductor de interferència quàntica SQUID (Superconducting Quantum Interference Device). Brian D. Josephson va ser el senyor que va descobrir-ho; va crear l'efecte Josephson, aquest és un sistema format per dos superconductors separats per una capa de material aïllant, aquesta capa d'aïllant impedia el pas del corrent. D'aquesta manera un anell superconductor que conté aquesta petita part resistiva produeix a tot l'anell que es comporti de la mateixa manera, és a dir, resisteix perquè el corrent que circula per aquest anell decau de manera ràpida. Però, un anell superconductor, interromput per una secció fina microscòpica de material no superconductor, aconseguix sempre que el corrent sigui suficientment petit, comportar-se com si fos superconductor, aprofitant el conegut efecte túnel. Això, només és possible si es troben per sota de la corrent crítica, mantenint així el seu pas per tot l'anell.

SQUID conté un parell d'unions Josephson per cada canal detector sent aquestes unions els elements resistents que permeten la captació dels canvis de corrent que per inducció es produeixen a l'anell. Els sistemes d'inducció estan basats en la variació electromagnètica produïda al circuit per la variació dels camps magnètics.

L'aparell té una sensibilitat suficient per captar variacions de camps de  $10^{-13}$  Teslas o 0,01fT.

La base del SQUID són els materials superconductors que mantenen aquestes propietats al ser refredats per eliminar les vibracions inherents al material i el

soroll tèrmic. S'utilitza heli líquid per refredar la base hi ha través de diverses bombes de pressió en circuit tancat es manté constant l'heli.

Els sistemes de SQUID tenen un alt nivell de sensibilitat, perquè són capaços detectar variacions de camp magnètic de l'ordre d'un bilió de vegades més petit que el camp geomagnètic, es troben sota nombroses interferències i vibracions.

#### **1.2.4.2 Transformadors de flux: magnetòmetres i gradiòmetres**

El magnetòmetre és el sistema més simple de conversió magnètica - elèctrica. Aquest està format per un anell, observant un component del camp magnètic en una localització específica. S'utilitzen per captació de camps magnètics profunds.

##### **Gradiòmetres axials:**

Està format per dos anells captadors del camp magnètic, amb els anells enrotllats en direccions oposades.

Aquests es construeixen per anular directament sense cap tipus d'aïllament els camps que produeixen les interferències a la senyal al registrar producte de les línies de tensió o altres generadors de corrent.

##### **Gradiòmetres planars:**

Aquests asseguren una bona resolució sobre la font del dipol, però també bones resolucions per ubicacions de fonts laterals a la geometria del gradiòmetre. Aquest també permet la adquisició de dades en temps reals, inclús un sistema de detecció automàtica de la posició del cap per la col·locació dels captadors es faci sempre a la mateixa àrea i igual forma.

Aquests són utilitzats ens els últims desenvolupaments de sistemes multicanal.

Els planars presenten millor resolució espacial i els axials presenten millor resolució en profunditat.

Al registrar el camp magnètic cal tenir en compte que les senyals que es volen registrar són molt més febles que les interferències i el soroll electromagnètic ambient, per això es necessari els sistemes d'aïllament un d'ells les habitacions aïllades. Uns altres aspectes que cal tenir en compte són les vibracions i el soroll produït per la senyal alterna de qualsevol edifici.

### **1.2.5 Soroll magnètic:**

La cambra on es realitza la prova ha d'estar aïllada no només de les interferències del camp magnètic, sinó també de les vibracions que poden provocar els ascensors, entre altres coses. Però el més complicat d'aïllar és el soroll produït pel senyal altern a qualsevol edifici.

Per tant, la cambra estarà completament aïllada de qualsevol tipus de senyal o vibració.

S'han creat unes cambres aïllades de camps anomenades shielding rooms, que estan construïdes amb materials d'alta permeabilitat magnètica trobem el MU –metal, un dels materials amb la més alta permeabilitat magnètica, té una permeabilitat magnètica del 80.000.

Les característiques de l'espai que cal protegir varien en funció de la freqüència i la intensitat i ambiental del lloc de mesura.

### **1.2.6 Característiques**

Les característiques principals de la magnetoencefalografia són:

- Té una bona resolució espacial
- Alta resolució temporal
- Nul·la invasivitat



- Capacitat per mesurar i reconstruir fonts d'activitat oscil·latòria cerebral

## 1.2.7 Diagnosis

### 1. Neurologia:

#### a) Avaluació prequirúrgica:

- Mapes funcionals cerebrals.
- Planificació de la cirurgia.
- Prevenció de les seqüeles, millorant la precisió durant la intervenció evitant àrees funcionalment eloqüents.

#### b) Durant la intervenció:

- Capacitat d'anàlisis dels mapes funcionals cerebrals.

#### c) Després de la intervenció:

- Confirmar que no han sigut afectades per la intervenció funcions rellevants.
- Realitzar el seguiment de la desaparició de l'àrea d'edema.
- Comprovar la rehabilitació funcional postquirúrgica.

### 2. Epilèpsia:

- a. Localització dels focus en espai - temps.
- b. Anàlisis interictal.
- c. Anàlisis ictal. Possibilitat de registrar un milisegons abans de l'aparició de la descàrrega coclònica.
- d. Capacitat de repetir exàmens per estudiar la evolució del pacient.
- e. Possibilitat d'estudiar l'eficàcia farmacològica dels tractaments antiepilèptics.

---

Gràcies a la MEG s'ha produït un important augment dels coneixements bàsics de la fisiologia cerebral, que afecten a la funció normal i patològica del cervell humà.

---

## 1.3 Mètodes d'anàlisi de la senyal elèctrica

### 1.3.1 Introducció

La MEG té una excel·lent resolució temporal, i de moment no es superada per cap altra tècnica de neuroimatge. Aquesta tècnica igual que la electroencefalografia intenten treure profit de la combinació entre resolució espacial i temporal.

#### 1.3.1.1 Mètodes de reconstrucció de fonts:

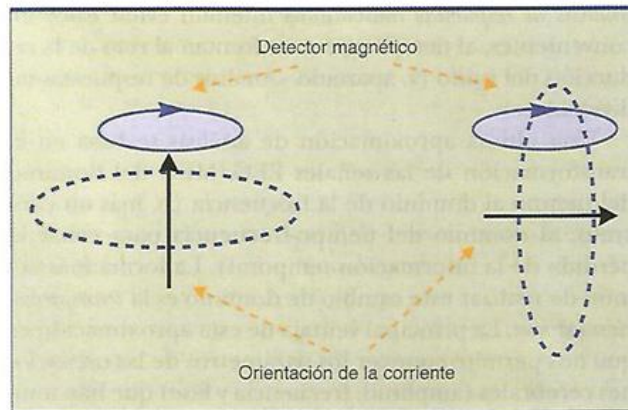
La MEG capta l'activitat de grups neuronals. Però només aquelles fonts amb algun component tangencial, per tant situades principalment als surcs del còrtex cerebral.

Els camps magnètics associats a les corrents intracel·lulars, registrats per mitjà de la MEG es propaguen sense alterar-se en canvi les corrents elèctriques o de volum captades per la EEG (electroencefalografia) es distorsionen quan traspassen diferents teixits. Aquesta característica ofereix la possibilitat d'obtenir una millor resolució espacial a la reconstrucció de fonts de les senyals de MEG en comparació a l'EEG.

Els mètodes de reconstrucció de fonts de la senyal MEG pretenen obtenir quina és la distribució de corrent en el volum del cervell, a partir de les mesures de camp magnètic en una sèrie de detectors o sensors que envolten el cap.

#### **Imatge 3: Camp magnètic**

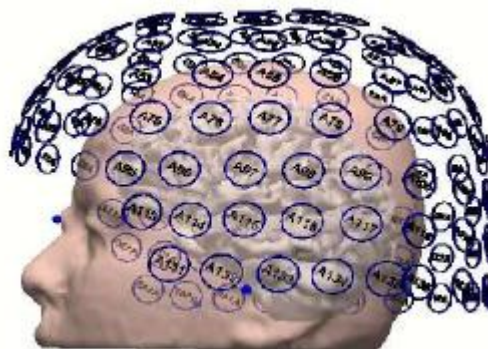
Camp magnètic captat per un sensor o detector, en el cas de que l'orientació del corrent elèctrica sigui radial (esquerra) o tangencial (dreta) al sensor.



Font: Unturbe, F. M., Lago, M. R., & Alonso, R. C. (2008). *Neuroimagen - Técnicas y procesos cognitivos*. Barcelona: Elsevier Masson.

Per aconseguir aquesta reconstrucció s'ha de tenir en compte el problema directe/invers. El problema directe es refereix al càlcul de quin seria el camp magnètic en els sensors, donat en una o diverses fonts que es trobin actives. El problema invers consisteix en trobar la localització, l'orientació i la intensitat de fonts d'activitat a partir d'una configuració determinada dels sensors en el camp magnètic.

**Imatge 4: Distribució dels sensors**



Font: Unturbe, F. M., Lago, M. R., & Alonso, R. C. (2008). *Neuroimagen - Técnicas y procesos cognitivos*. Barcelona: Elsevier Masson.

## 1.3.2 Tècniques de reconstrucció de fonts

### 1) Aproximació paramètrica:

La topografia del camp magnètic observat en els sensors es crea per un dipol que pot ser un de sol, dipol únic, o més d'un dipol (dipol múltiple).

### 2) Imatge tomografia:

Un gran nombre de dipols (que poden arribar fins a 10.000) es col·loquen en posicions fixes en un model del còrtex cerebral, es pot considerar que aquesta és una generalització del model del dipol múltiple. Els mètodes que habitualment s'utilitzen per la reconstrucció de fonts amb MEG són:

#### a. Anàlisi de ECD

Ens ofereix una sola configuració de fonts de corrent al cervell, sempre es basa en un model conductor, és a dir, el cervell.

El mètode d'obtenció de fonts que representa la activitat neuronal com ECD (model d'un focus d'activitat elèctrica del cervell) dins d'una esfera (model del cervell). Ha estat i continua sent el més usat per localitzar fonts de corrent al cervell a partir de registres MEG.

Es pensa que les corrents elèctriques de major importància a la producció de les senyals de MEG són les corrents primàries quasi paral·leles de les neurones piramidals que hi ha als surcs del còrtex cerebral, per ser les que tenen el major component tangencial; sobre tot els potencials postsinàptics.

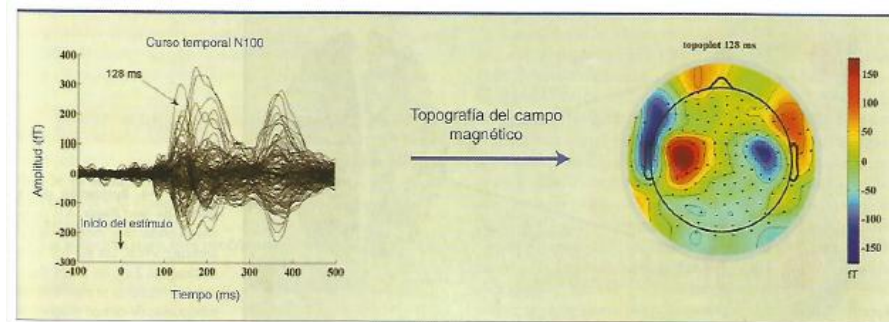
Per obtenir una sèrie de dipols de corrent a partir de camps magnètics registrats, es trien instants del registre en els que mostra els diferents canals de les senyals de MEG.

Cada dipol es defineix mitjançant tres paràmetres: les coordenades que indiquen la seva situació en el conductor tridimensional, l'orientació i el moment dipolar.

Els registres MEG de resposta a estímuls somatosensorials constitueixen el millor exemple de registres en els que es possible distingir diverses fonts

llunyanes (una en el còrtex somatosensorial primària i dos en la secundària) amb gran precisió.

**Imatge 5: Camp neuromagnètic i topografia del camp magnètic**



Font: Unturbe, F. M., Lago, M. R., & Alonso, R. C. (2008). *Neuroimagen - Técnicas y procesos cognitivos*. Barcelona: Elsevier Masson.

b. *Estimació de la norma mínima* (MNE= minimum norm estimate)

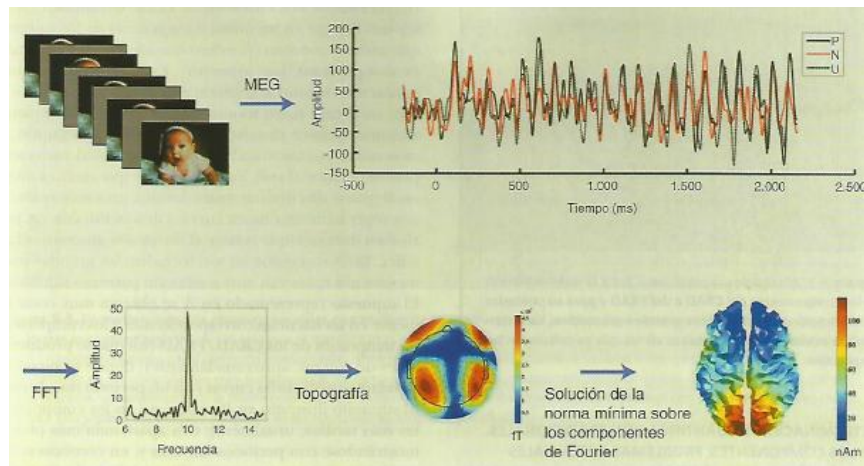
Consisteix en seleccionar el vector que compleix l'equació de camp, la qual la seva norma és mínima. Normalment, s'utilitzen dos normes: suma de valors absoluts i norma euclídea.

$$\ell_1 \text{ (suma de valors absoluts } \sqrt{|x_1| + \dots + |x_n|})$$

$$\ell_2 \text{ (norma euclídea } \sqrt{x_1^2 + \dots + x_n^2})$$

En aquest tipus de mètodes es situen múltiples dipols en llocs fixos d'un model de superfície cortical, que pot derivar-se de la ressonància magnètica de cada persona. La MNE pretén aproximar-se a la intensitat i l'orientació de la corrent en cada dipol en el model de la superfície cortical donada a una determinada topografia de camp magnètic o de corrent elèctrica als sensors.

Imatge 6: Tècnica de la norma mínima



Font: Unturbe, F. M., Lago, M. R., & Alonso, R. C. (2008). *Neuroimagen - Técnicas y procesos cognitivos*. Barcelona: Elsevier Masson.

### c. *Beamforming*

Utilitza les tècniques de radar i sonar de obertura sintètica. Consisteix en compensar els desfasos deguts a les diferències de propagació entre sensors al rebre la senyal d'un vòxel determinat.

Una vegada registrada i interpretada la senyal cerebral amb l'ajuda d'imatges cerebrals realitzades amb la ressonància magnètica, s'utilitzen les coordenades i orientació dels dipols per saber la localització de fonts de corrent al cervell. D'aquesta manera, resulta més fàcil avaluar la correcció del model en funció del coneixement que es tingui d'anatomia o fisiologia cerebral, i relacionar els resultats del estudi amb els estudis anteriors de característiques semblants realitzats amb MEG, EEG o altres tècniques d'imatge cerebral.

### 1.3.3 Anàlisi de les oscil·lacions cerebrals

La manera de fer aquesta informació explícita consisteix en transformar les senyals de EEG / MEG del domini del temps al domini de la freqüència. És important destacar que els dos dominis contenen la mateixa informació, la única diferència important en forma en què aquesta es representa.

- Mètodes utilitzats en l'estudi de les oscil·lacions cerebrals

- a. Anàlisi de freqüència

- b. Anàlisi de temps – freqüència:

S'utilitza el STFT (Short Time Fourier Transform), per estudiar les oscil·lacions cerebrals.

El comportament que caracteritza una ona en funció del temps a partir de tres constants: amplitud ( $A_0$ ), freqüència ( $F_0$ ) i fase inicial ( $P_0$ ).

$$y(t) = A_0 \cdot \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0)$$

## 1.4 Altra informació

### 1.4.1 Característiques del lloc on s'ha realitzat la pràctica

La Unitat MEG es troba en un laboratori format per una sala principal i dues sales secundàries.

- La primera sala conté tot l'equipament informàtic necessari pel control d'anàlisi, registre i treball de dades.
- L'habitació de registre és la cambra que ocuparà el pacient o persona a qui s'hagi de realitzar la prova. Està aïllada del magnetisme i es troba a una temperatura inferior, consta del casc responsable de la captació de biomagnetisme, una

llitera, una càmera de vídeo per poder observar al pacient, i tot l'equipament per poder evocar respostes en el pacient –pantalla de mirall, teclat de resposta motora i auriculars.

Tot els elements que hi ha dins la cambra no poden tenir cap component metàl·lic, perquè podria interferir en la senyal registrada.

- L'altra sala secundària, contigua a la sala del registre, té la funció d'emmagatzemar el material auxiliar, i l'heli, aquest element es imprescindible per mantenir el casc dels sensors a una temperatura de -269 graus centígrads.