

TRANSMISSIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA SENSE L'ÚS DE CABLES



**INSTITUT DE CELRÀ
ORIOI OLIVERAS COLL
2n BATXILLERAT B
TUTORES: TATIANA PUJADES I YOLANDA FORT
CURS 2017-18**

“No cal apagar la llum de l'altre per
aconseguir que brilli la nostra”

- Mohandas Karamchand Gandhi -

AGRAÏMENTS

Abans de res voldria expressar el meu agraïment a les persones que m'han facilitat informació valuosa o m'han servit de suport per al desenvolupament del meu treball de recerca. Molt especialment a la meva família, per ser-hi en tot moment, pels coneixements del meu pare i la perseverança de la meva mare. També de manera especial voldria agrair els consells de les meves tutores, la Yolanda Fort i la Tatiana Pujades, que han estat les qui han coordinat i m'han orientat en l'elaboració del treball. A tots ells agraeixo les seves aportacions i l'oportunitat de permetre'm aquesta meva primera aproximació al món de la recerca en un vessant tan emocionant com la proposta d'alternatives millors per al futur.

ÍNDEX

1. Introducció	5
2. Objectius	6
3. Estructura i metodologia	6
4. Marc teòric	7
4.1. Conceptes previs sobre l'energia	7
4.1.1. Transmissió	8
4.1.1.1. La inducció electromagnètica	9
4.1.1.2. La ressonància	11
4.2. Nikola Tesla	12
4.2.1. Biografia	12
4.2.2. Aportacions a la ciència	17
4.3. Witricity	19
5. Part pràctica	20
5.1. Funcionament del meu sistema Witricity	24
5.2. Fórmules i operacions	25
5.3. Plànols dels dos circuits	29
5.3.1. El primer circuit	30
5.3.2. El segon circuit	34
5.4. Obtenció dels elements	38
5.5. Construcció del sistema WiTricity pas a pas	40
5.6. Acoblament d'un motor elèctric de 1,5v i càrrega d'un mòbil	47
5.7. Resultats obtinguts	51
5.8. Cost del projecte	53
6. Utilitats que podria tenir l'experiment	54
7. Possibles efectes perjudicials sobre la salut	56
8. Conclusions	58
9. Bibliografia i webgrafia	60

1. INTRODUCCIÓ

Fa uns mesos vaig decidir que volia construir alguna cosa pel treball de recerca. Havia pensat que el projecte, a més d'una part escrita, havia de constar d'una part pràctica basada en la construcció d'un artefacte bastant singular.

Un dia observant el raspall de dents, em va semblar curiós que es carregués sense cables. El meu pare em va explicar que es feia amb càrrega d'inducció a través d'un cap magnètic. I a partir d'aquí vaig començar a preguntar-me si la càrrega podia fer-se a més distància. Investigant vaig trobar un científic que a finals del segle XIX i principis del XX ja ho havia intentat. Així vaig descobrir Nikola Tesla.

Tesla tenia un gran somni: aconseguir energia i comunicacions sense fils. Aquest projecte va començar a materialitzar-se a través de la Torre Wardenclyffe, la seva intenció era transmetre energia elèctrica utilitzant ones de compressió a través d'una torre emissora i una de receptora. Va tenir la brillant idea de que la Terra podria ser com un conductor esfèric gegant i la ionosfera com un altre conductor esfèric més gran, això significava que junts tenien plaques paral·leles i per tant, constituïen un "condensador esfèric."

Si, hipotèticament, Tesla hagués aconseguit dur a terme el projecte de la torre de Wardenclyffe, hauríem pogut canviar la revolució industrial creada al segle XIX, que utilitzava el carbó, per un sistema molt més net, el de les energies renovables. Aquestes energies haguessin pogut prendre un paper molt més important que el que tenen avui en dia, ja que la transmissió d'energia basada en les torres necessita moltíssima energia per poder funcionar, de manera que es necessitarien grans centrals que la generessin, com les grans centrals hidroelèctriques. Això faria que l'energia renovable prengués el relleu, i s'hauria pogut aconseguir crear un sistema de càrrega elèctrica sense fils i veritablement neta. Sorprès davant de Tesla, no acabava d'entendre perquè la societat no valorava la seva gran idea. Per això em vaig començar a interessar per la seva història, com era abans aquesta ciència i com ha evolucionat fins avui dia.

Això em va portar a imaginar com podria ser el present, però sobretot el futur. Em feia preguntes com què passaria si la transmissió de l'electricitat no hagués de dependre dels cables, o, i si a més a més, aquesta electricitat provingués d'una font renovable? La meva sorpresa va ser descobrir que empreses punteres en tecnologia, a través de l'energia per radiació electromagnètica, han començat a transmetre energia sense l'ús de cables.

Tot plegat, només era el principi d'aquesta història de recerca.

2. OBJECTIUS

Objectiu principal:

La idea del meu treball de recerca és desenvolupar un sistema capaç de transmetre energia elèctrica sense la necessitat de cables. Es tracta d'un dispositiu basat en els descobriments de Nikola Tesla, que he construït a partir dels coneixements adquirits durant la recerca.

Aquest objectiu principal, l'he concretat en uns altres 3 objectius més específics:

1. Aconseguir transmetre energia a 30 centímetres de distància .
2. Il·luminar una bombeta de 2,4W.
3. Fer-ho per un preu econòmic.

Per arribar a aquests objectius, també m'he proposat:

1. Investigar els orígens de la transmissió inalàmbrica de l'energia elèctrica.
2. Entendre els principis bàsics d'aquesta forma de transmissió de l'energia.
3. Conèixer la situació actual d'aquesta tecnologia.

3. ESTRUCTURA I METODOLOGIA

El treball està estructurat en dues parts principals. Començaré per un marc teòric amb un estudi bibliogràfic per tal de tenir una base teòrica per a la recerca. En aquest bloc recullo informació sobre conceptes bàsics de l'energia, explico les aportacions del descobridor d'aquesta tecnologia i exposo les últimes novetats.

El segon bloc del treball és la part pràctica, on a partir de dissenys existents, proposo millores i explico la construcció del meu projecte.

4. MARC TEÒRIC

4.1. CONCEPTES PREVIS SOBRE L'ENERGIA

Com a definició bàsica, l'energia és la capacitat que tenen els cossos de produir un treball i la unitat de mesura per a poder-la quantificar s'anomena Joule (J). Des de sempre ha estat una necessitat molt important per als humans, ha estat la protagonista del progrés tècnic i la causant de la millora de la qualitat de la vida de les persones. A totes les nostres activitats diàries sempre hi és present; quan cuinem, quan anem a comprar o simplement quan encenem un llum. Aquesta, s'ha convertit en un element molt important de les nostres vides i de la nostra societat. Sense energia no seria possible el funcionament que tenim ara de la nostra manera de viure.

Es coneixen dues grans fonts d'energia. Per una banda les que no depenen, en principi, d'una primera matèria exhaurible i que es caracteritzen per l'absència de contaminació i de residus, anomenades energies renovables. I per altra banda tindriem les no renovables, les quals es troben limitades a la Terra, i que fins ara sempre s'han fet servir majoritàriament. Aquestes últimes utilitzen recursos naturals en grans quantitats i el seu consum és excessiu. Tal com diu el seu nom, no es poden renovar, vindrien a ser justament el contrari.

Les renovables s'han anat desenvolupant al llarg dels darrers anys, degut a la preocupació de la possible reducció de les reserves de petroli i de gas natural. El temor que genera l'augment de la contaminació ambiental ha estimulat la investigació de noves fonts energètiques amb un menor impacte ambiental.

Les principals fonts d'aprofitament d'elements naturals renovables són l'aigua (energia hidroelèctrica), el vent (energia eòlica), la llum del sol (energia solar), la biomassa, l'escalfor interna de la Terra (energia geotèrmica), i el mar (energia mareomotriu i de les ones).

Les fonts d'energia no renovables més emprades en l'actualitat són el carbó, el petroli i el gas natural, anomenats combustibles fòssils, i els minerals radioactius.

4.1.1. Transmissió

Els centres de producció d'energia elèctrica solen trobar-se a grans distàncies dels punts on es consumeix l'energia. D'aquí la necessitat de transportar-la des d'on es genera fins on es fa servir. La forma que s'ha utilitzat des de sempre és la de línies de cables d'alt voltatge.

La transmissió d'energia sense cables, o inalàmbrica, va ser inventada per l'enginyer, físic i inventor Nikola Tesla. Bàsicament consisteix en la transmissió d'energia elèctrica des d'un dispositiu emissor connectat a una font d'electricitat domèstica, per exemple, per un camp electromagnètic a través d'un espai intermediari a un o més dispositius receptors, on és convertida en energia elèctrica i utilitzada.

De moment coneixem dues tècniques de transferència d'energia inalàmbrica, la no-radiativa i la radiativa.

En les tècniques no-radiatives, l'energia és transferida a través de distàncies curtes per camps magnètics utilitzant un acoblament magnètic entre electrons. Aquest tipus de transmissió s'aplica a raspalls dentals elèctrics, carregadors, etiquetes RFID, targetes intel·ligents, carregadors per a dispositius mèdics com ara un marcapassos. El seu enfocament actual és carregar dispositius informàtics com per exemple portàtils, mòbils i reproductors digitals de música sense estar lligat a un endoll de paret.

En les de tipus radiatiu, l'energia és transmesa per feixos de radiació electromagnètica, com per exemple el wifi. Aquesta tècnica pot transportar energia a una major distància. Les aplicacions proposades per a aquest tipus de transmissió són: satèl·lits d'energia solar, vehicles aeris no tripulats, aparells domèstics com ara, la televisió, el mòbil, l'ordinador, etc.

Hi ha dos fenòmens coneguts des de fa molt de temps, que han permès desenvolupar la transmissió inalàmbrica d'electricitat. Són la inducció electromagnètica i la ressonància. A continuació explicaré en que consisteixen.

4.1.1.1. La inducció electromagnètica

No voldria deixar de dir que els treballs de Tesla, que es basen en l'electromagnetisme, parteixen d'un coneixement previ desenvolupat molts anys abans per un altre gran científic. Així, la inducció electromagnètica va ser descoberta per Michael Faraday, un científic anglès que va contribuir als camps de l'electroquímica i l'electromagnetisme. La inducció electromagnètica és un fenomen que reflecteix la relació entre l'electricitat i el magnetisme.

Per exemple, suposem que tenim un cable conductor pel qual fem passar un corrent elèctric i està endollat a un generador elèctric. A causa del pas de càrregues en moviment al voltant d'aquest cable es crea un camp magnètic que inunda tot l'espai proper. Si enlloc d'un cable recte tenim una bobina, el camp magnètic creat serà més intens. Aquesta l'anomenarem "bobina primària". Suposem, a més a més, que el corrent elèctric que fem passar a través d'aquesta bobina primària és corrent altern. En aquest cas, el camp magnètic que es genera és, a més a més, variable en el temps i ve caracteritzat per una determinada freqüència.

Si ara acostem una segona bobina "la bobina secundària" de manera que quedi immersa en aquest camp magnètic variable, observarem que s'hi genera un corrent elèctric. És a dir, la bobina primària ha induït corrent elèctric a la bobina secundària, sense necessitat que estigui connectada a cap cable.

Aquest fenomen és la base de moltíssims components elèctrics, com els transformadors, a més d'estar en una gran diversitat de petites aplicacions quasi-sense fils com els raspalls de dents elèctrics, o aquests carregadors de mòbils o reproductors mp3 en què no és necessari connectar un cable al dispositiu.

És molt important remarcar que no hi ha cap mitjà físic entre les dues bobines, és a dir, l'energia elèctrica es transmet de la bobina primària a la secundària "sense fils". És el camp magnètic existent entre les dues bobines, l'encarregat de transferir l'energia elèctrica d'una a l'altra, la transferència es fa menys efectiva a mesura que allunyem les dues bobines, fins al punt que n'hi ha prou separar una distància molt petita (depèn de la freqüència del camp) perquè el corrent induït en la bobina secundària desaparegui. Vegeu la figura 2, on es mostra un de les aplicacions domèstiques més habituals de l'electromagnetisme.

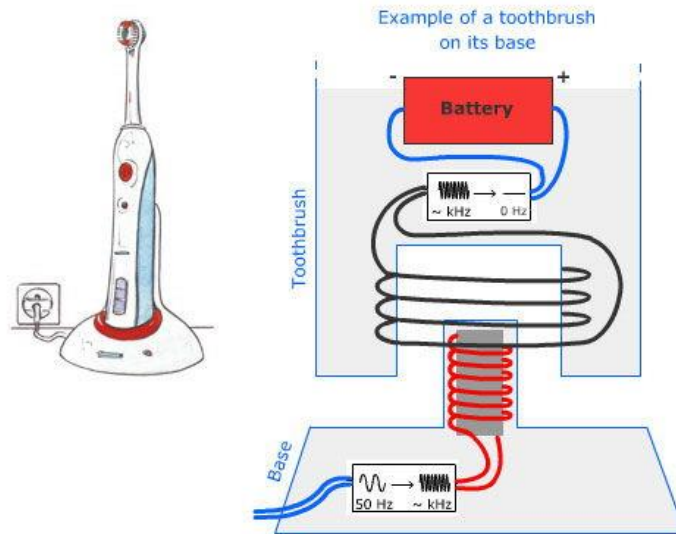


Fig.2: Exemple del funcionament d'un carregador de raspall de dents. Font: Belgian BioElectroMagnetics Group

4.1.1.2. La ressonància

La ressonància és un fenomen físic que es produeix en molts sistemes diferents i que es caracteritza per una transferència d'energia molt efectiva entre un sistema i un altre. Un dels exemples més clàssics que s'utilitzen per entendre el concepte de ressonància és el d'un nen gronxant-se en un gronxador. Si el nen no s'impulsa, el gronxador anirà dissipant l'energia poc a poc, fins que la seva oscil·lació el freni del tot. Per seguir gaudint del seu gronxador, el nen ha d'impulsar-se per comunicar una força periòdica al sistema. Però aquesta força no es pot aplicar de qualsevol manera, sinó que s'ha d'ajustar a la freqüència del balanceig. En aquest cas, no només aconseguirà mantenir el gronxador en moviment, sinó que, amb molt poc esforç podrà aconseguir el moment adequat, i així aconseguirà balancejar-se cada vegada més i més. És a dir, ajustant la freqüència del seu moviment a la freqüència del balanceig, pot aconseguir una transferència energètica òptima entre el seu cos i el gronxador. D'aquesta manera direm que el nen i el gronxador han entrat en ressonància.

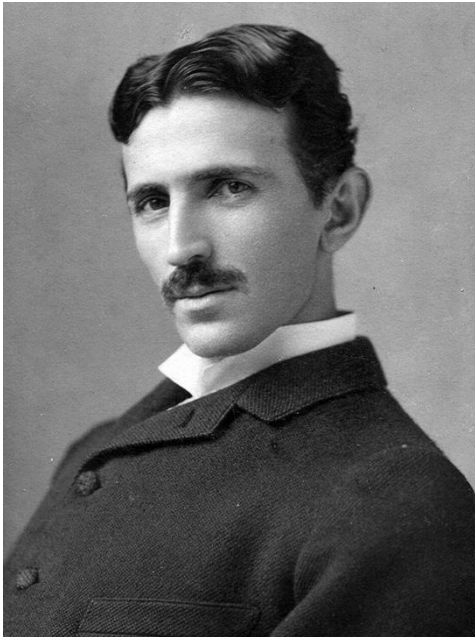
Un fenomen molt espectacular i també clàssic de ressonància, el podem veure a la copa que es trenca en mil bocins davant la nota d'una soprano, en aquest cas la freqüència del so coincideix amb la freqüència de ressonància de la copa.

D'aquesta manera, si ajustem la freqüència del camp magnètic inductor perquè sigui similar a les freqüències de ressonància naturals de dues bobines, aconseguim que la transferència d'energia elèctrica es faci tan òptima que faria que el camp magnètic no hagués de ser molt intens per induir corrent elèctric de la bobina primària a la secundària, i a més a més, seria possible separar les dues bobines diversos metres sense que decaigués el corrent elèctric induït. Aquest fenomen, conegut com acoblament magnètic ressonant, és el sistema que utilitzen les empreses que actualment comercialitzen electricitat sense fils.

En poques paraules, la ressonància elèctrica es genera quan en un circuit amb elements reactius, consta d'un corrent altern, que degut a la seva freqüència, provoca que la reactància es torni infinita si els elements reactius es situen en paral·lel o s'anul·li quan se situen en sèrie.

4.2. NIKOLA TESLA

4.2.1. Biografia



Nikola Tesla va néixer el 10 de juliol de 1856 a Smiljan (Croàcia), i va morir sol, el 7 de gener de 1943 a l'habitació 3327 del New Yorker Hotel, Nova York (Estats Units). Quan tenia 17 anys, Tesla va agafar el còlera. Va estar a punt de no recuperar-se, però finalment es va curar. El seu pare li va prometre que si aconseguia superar la malaltia, l'enviaria a una gran escola d'enginyeria, just com ell volia. Així que superada la malaltia, va ingressar a la Universitat Politècnica de Graz, a Àustria.

Allà va començar la idea que marcaria la seva vida: idear un mètode perquè l'energia gratuïta arribés a tothom. No va acabar els estudis per problemes amb l'afició als jocs d'atzar. Va trencar la relació amb els seus pares, fins que quan va morir la seva mare, dos oncles seus el van fer intentar de nou l'ingrés a la universitat, aquesta vegada a Praga. No s'hi va arribar a matricular però hi assistia d'oient. El 1887 es va traslladar a Budapest on va treballar com a electricista on va realitzar moltes millores tècniques i es diu que va perfeccionar un telèfon però no es va patentar. El 1882, entra a treballar a la Continental Edison Company a França, per dissenyar i millorar equips elèctrics. Des de la capital francesa va emprendre el seu viatge transoceànic fins a Nova York el 1884. Just, el mateix any va arribar també des de París l'Estàtua de la Llibertat. Tesla, un cop als Estats Units va acudir directament a Thomas Alva Edison, a qui li portava una carta de recomanació de Charles Batchelor, el seu últim cap a Europa.

Aquesta carta deia: "Conec dos grans homes, i vostè és un d'ells. L'altre és el jove portador d'aquesta carta". Edison en llegir això el va contractar immediatament. Entre tots dos va començar a haver-hi diferències, que van començar en la forma de veure el resultat i l'orientació del seu treball, i amb el pas del temps van anar creixent. Edison era defensor i el primer introductor del corrent continu, i amb ell va aconseguir els seus primers clients a Nova York de principis de la dècada de 1880; Edison tenia petites centrals elèctriques per portar energia a tota la ciutat que utilitzaven aquest sistema.

El sistema de corrent altern de Tesla era millor per al transport d'energia i ha pogut perdurar fins els nostres dies, malgrat que Edison només pensava en el seu negoci i va intentar que no prosperés. No obstant això, Tesla estava convençut que el corrent altern era una solució millor. El corrent altern és el corrent elèctric en què magnitud i sentit varien de forma cíclica. No va trigar a imposar-se davant

del continu en transport, de manera que és el sistema que utilitzem a les nostres llars a dia d'avui després de cent cinquanta anys.

L'energia alterna, ve donada pel producte de la tensió, la intensitat i el temps. Entenent que la secció dels conductors ve donada per la intensitat, podem, mitjançant un transformador, elevar el voltatge fins a alts valors, disminuint així en igual proporció la intensitat de corrent. D'aquesta manera, tenim que el principal avantatge d'aquest corrent és l'energia pot ser distribuïda a llargues distàncies amb baixes intensitats de corrent i, per tant, amb baixes pèrdues per causa de l'efecte Joule i altres efectes associats al pas de corrent tals com la histèresi o els corrents de Foucault. Un cop arriba al punt de consum, el voltatge pot ser de nou reduït per al seu ús industrial o domèstic de forma còmoda i segura.

Una altra qualitat bastant important del corrent altern, és que permet per exemple, que es pugui connectar un aparell a un endoll sense importar la posició del pol positiu i el negatiu de l'endoll. En canvi, en el corrent continu les connexions s'han de fer connectant sempre el pol positiu i el negatiu de forma adequada. Una altra raó de l'ampli ús del corrent altern ve determinada per la seva facilitat de transformació, qualitat que no té el corrent continu.

Així que, en efecte, la idea de Tesla era millor, però necessitava a Edison per implementar-la. Edison va defensar la seva fortuna a qualsevol preu. De cap manera podia permetre que un estranger que acabava d'arribar a la ciutat li arrabassés la fama i fes perillar l'imperi elèctric que havia aconseguit aixecar. Havia deixat que l'ego i els diners el posseïssin. Edison, pres per l'enveja, no va deixar de ridiculitzar a Tesla. Començant per fer-lo treballar divuit hores diàries, de dilluns a diumenge, arreglant problemes tècnics i muntant "espectacles" per desacreditar el corrent altern. Per exemple, aplicant descàrregues elèctriques a animals o anunciant el seu ús en la cadira elèctrica, inventada uns anys abans per Harold P. Brown, amb la intenció d'atemorir a la ciutadania sobre el seu ús. El que no va dir és que Brown va ser finançat en secret per Edison.

Però la gota que va fer vessar el vas, va ser quan Tesla li va proposar a Edison una fórmula per millorar el seu generador, davant d'aquesta proposta, Edison li va prometre 50.000 dòlars si ho aconseguia. Tesla va treballar molt dur al llarg de mesos, arribant a no dormir durant més de 80 hores, finalment ho va aconseguir. Edison no només no li va pagar el promès, sinó que a més a més es va burlar d'ell dient-li: "Quan siguis un americà com cal, aconseguiràs comprendre una bona broma d'aquí". Després d'aquesta escena, Tesla es va acomiadar d'Edison, per a qui havia treballat sota una gran admiració durant anys.

Més tard, Tesla va conèixer a l'empresari George Westinghouse, el qual havia desplegat una xarxa elèctrica de corrent altern a Massachusetts, però encara faltava una peça clau perquè el corrent altern aconseguís imposar-se de forma incontestable. Aquesta peça era el motor d'inducció, que el mateix Tesla ja havia inventat. Per les seves patents, Westinghouse li va oferir 5.000 dòlars en efectiu, uns altres 55.000 dòlars en accions, i 2,5 dòlars per cada cavall de potència es generés en l'electricitat comercialitzada.

El seu següent projecte va ser crear el seu propi laboratori per impulsar un dels seus grans somnis: la transmissió d'energia i notícies sense necessitat d'usar filferros. Però es va trobar amb dues barreres principals: d'una banda, el sector energètic era un monopoli, i com en tot monopoli, els seus impulsors es negaven a qualsevol canvi si no els suposava un augment en els seus beneficis. I d'altra banda, el sector bancari ja havia comprat les mines de coure que cobririen el cablejat que creuaria el país per distribuir l'energia.

Així que Tesla tenia grans obstacles per estendre el seu missatge i aconseguir que les seves idees es materialitzessin: tant les barreres que li va posar Edison, com les del sector energètic, i fins i tot de la pròpia Administració. Tesla només tenia com a únic aliat per donar-se a conèixer la premsa, la qual sí estava interessada en les frases que solia deixar Nikola en cada entrevista i cada declaració. Per exemple: "El present és vostre, però el futur és meu.", "El desenvolupament de l'home depèn fonamentalment de la invenció, el qual és el producte més important d'un cervell creatiu.", "A l'espai hi ha energia, i només és qüestió de temps que l'ésser humà aconseguixi aprofitar-la.", "El científic no busca resultats instantanis ni espera que les seves idees avançades siguin acceptades fàcilment, el seu deure és establir bases, assenyalar el camí als que vindran.", "Qualsevol persona, a terra o a mar, podrà rebre notícies de qualsevol lloc del món o missatges particulars destinats només a ella amb un aparell senzill i barat que cap a la butxaca."

A poc a poc les seves "prediccions" es van anar materialitzant i, malgrat tot, Tesla va anar rebent algunes petites victòries. Per exemple, la de 1893. Aquell any, la Fira Internacional de Chicago funcionava amb corrent altern. Mesos després, un comitè d'experts, havien de decidir el sistema amb el qual havien d'aprofitar el potencial hidroelèctric de les Cascades del Niàgara. El contracte va ser per a l'empresa de Westinghouse (corrent altern), ja que l'empresa d'Edison va ser una de les descartades.

Després dels èxits recollits pel corrent altern durant els anys anteriors, Tesla va decidir apostar pel seu gran somni: aconseguir energia i comunicacions sense fils. Aquest projecte va començar a materialitzar-se a través de la Torre Wardenclyffe, també coneguda com a Torre Tesla, una torre d'alta tensió amb una antena de 30 metres d'altura. La seva finalitat era permetre la telefonia comercial transatlàntica, impulsar les retransmissions radiofòniques, i demostrar que era possible la Transmissió d'energia elèctrica sense l'ús de cables

transmissió d'energia sense cables entre l'emissor i el receptor, i a més a més de forma gratuïta. Per a això va seguir els mateixos principis que amb la ràdio.

La Torre Wardenclyffe va rebre el nom de James S. Warden, banquer i advocat que va cedir 81 hectàrees per a crear una comunitat anomenada Wardenclyffe-On-Sound, una mena de "Ciutat de la Ràdio" que creia possible la implantació del sistema sense fil mundial de Tesla.

Tesla va demanar més fons per continuar investigant, però li van ser denegades de forma premeditada. Hi havia massa interessos en joc com per permetre que un inventor gairebé utòpic, que ja havia demostrat ser capaç d'aconseguir avanços de pes, com el del corrent altern, es carregués un sector monopolitzat per unes poques elits. Així que Wardenclyffe es va veure obligada al tancament abans de ser totalment operativa i a demolir-se parcialment el 1917, en plena I Guerra Mundial, quan Tesla ja tenia més de seixanta anys.

Actualment, la Torre Wardenclyffe està pendent d'algunes iniciatives per convertir-la en un museu d'homenatge a Nikola Tesla, ja que el Museu Tesla es troba a Belgrad i cap projecte similar ha pogut prosperar als Estats Units, país que va rebre la majoria de les aportacions del geni.

En els últims anys de la seva vida, The Times va entrevistar a Tesla, que va revelar que "només esperava viure el temps suficient per col·locar un aparell en una habitació que pogués activar l'energia del seu voltant". Tesla va morir sol, abandonat. Després de morir el 1943, va començar la campanya per esborrar el seu nom de la història i atribuir els seus èxits a uns altres, així com centrar el seu record en el seu caràcter excèntric.

Per exemple, Edison va ser proclamat pare de l'electricitat, i Marconi inventor de la ràdio. Però tots dos, sense Tesla, no haguessin estat res. Especialment Marconi, qui va utilitzar disset patents de Nikola per a la seva primera retransmissió el 1901, atribuint-se el mèrit sense citar Tesla. Aquest furt va ser esmenat per la Cort Internacional el 1943, però encara avui la cultura popular assenyala a Marconi com a inventor de la ràdio.

Però per què tant d'interès en esborrar a Tesla?

Principalment per dos grans motius: Tesla mai va voler enviar cap article a la comunitat acadèmica, guanyant-se la seva enemistat, i amb ella la seva oposició a qualsevol nou invent que creés.

Per altra banda, el somni de Tesla era obtenir energia gratuïta per a tothom, i a més enviada sense fils. Això xocava frontalment amb les aspiracions del poder econòmic i els monopolis energètics, que veien perillar el seu negoci.

Després de la seva mort, el propi Edison va renegar de Tesla i es va sumar al corrent més crític i difamatori contra ell, tot i que, com he dit, Edison va ser l'empresari, però Tesla va ser el geni inventor. I a més, el geni que volia que els seus invents milloressin el planeta, que beneficiessin la humanitat, enlloc de centrar-se en el benefici econòmic.

Per si la burla popular no fos suficient, el Govern nord-americà va confiscar a través de l'FBI tots els seus documents, incloent estudis i investigacions pròpies. La seva família, va trigar anys a recuperar aquests documents, per a això va haver de comptar amb l'ajuda de l'ambaixada de l'antiga Iugoslàvia, i des de llavors es troben exposats al Museu de Nikola Tesla de Belgrad (Sèrbia).

La Llei de Stiegler diu que normalment passa que un invent mai porta el nom del seu veritable inventor, sinó que sol ser un altre qui normalment se n'apropia per a la cultura popular. Tesla és un bon exemple perquè va patir diversos "robatoris", essent potser el de la ràdio i Marconi el més destacat.

La seva gran virtut era que Tesla no treballava per al seu benefici ni per al d'uns pocs, sinó pel benefici de la humanitat. Això li va costar morir abandonat, amb 86 anys, en una habitació d'hotel. El va trobar la netejadora. Per descomptat, també li va costar una dura i llarga condemna a l'ostracisme per part del poder. Avui hi ha un corrent per tornar l'honor a Nikola Tesla, un dels grans genis de la història de la humanitat.

4.2.2. Aportacions a la ciència

A Tesla se li atribueixen aproximadament més de 700 invents, molts d'ells mai s'han pogut arribar a patentar o a posar-se en pràctica. Aquí esmento alguns dels seus invents més importants:

- El corrent altern: No es pot dir que això sigui un invent, és més aviat un descobriment, és potser el descobriment més important de Tesla. El que realment són un invent, són els instruments i la tecnologia necessària per crear i manipular el corrent altern. El corrent altern pot enviar-se a milers de quilòmetres de distància gairebé sense experimentar pèrdues. Tan sols cal augmentar la seva tensió per disminuir la seva intensitat, i després, un cop arriba al seu destí, tornar a baixar la seva tensió al valor necessari mitjançant un simple transformador.

- El motor polifàsic d'inducció: La idea, és molt simple: el motor té una part fixa, l'estator, que està formada per diversos mòduls o pols disposats en cercle. En el seu interior hi ha una peça giratòria, el rotor, a la qual s'enganxa l'eix o el mecanisme a la que volem dotar de moviment. Si se subministra corrent a un dels pols, es generarà un camp magnètic i el rotor girarà per orientar-se ell mateix. Si aquest procés es repeteix successivament per a cada un dels pols de l'estator, el rotor anirà canviant de posició, de manera que, realitzant-ho de forma sincronitzada, obtindrem una rotació completa. El que se sol connectar als pols de l'estator és corrent polifàsic. És a dir, diversos corrents desplaçats en fase, però des del punt de vista pràctic, això és equivalent a un corrent que es desplaça a través dels pols. L'important d'aquest invent és que van aconseguir transmetre el moviment al rotor sense necessitat d'exercir contacte físic sobre ell, així que pràcticament s'elimina el fregament.

- Ràdio: Guglielmo Marconi va ser acreditat inicialment com l'inventor de la ràdio. No obstant això, el Tribunal Suprem va anul·lar la patent de Marconi el 1943, quan es va comprovar que Tesla va inventar la ràdio en anys anteriors a Marconi. Els senyals de ràdio són només una altra freqüència que necessita un transmissor i un receptor, que Tesla també va demostrar el 1893 durant una presentació al National Electric Light Association.

- Raigs X: La radiació electromagnètica ionitzant va ser investigada a finals del 1800, però Tesla va investigar tota la gamma. Tot, des d'un precursor de la fotografia Kirlian, la qual ara s'utilitza en el diagnòstic mèdic. Els raigs X, igual que moltes de les contribucions de Tesla, es derivava de la seva creença que tot el que necessitem per entendre l'univers està pràcticament al nostre voltant en tot moment.

- El control remot: Tesla va fer una demostració al Madison Square Garden de Nova York l'any 1898, on va demostrar que podia controlar els moviments d'un vaixell autopropulsat mitjançant un comandament a distància sense fil. Els més ingenus van pensar que estava fent màgia, els desconfiats que el que estava fent era trampa, perquè una persona dins del vaixell era la que dirigia els seus

moviments, o bé que el comandament utilitzava un cable ocult sota l'aigua. El que realment passava, era que el control mitjançant un circuit elèctric situat dins de la barqueta i sintonitzat exactament a les vibracions elèctriques del tipus adequat, es transmetien des d'un oscil·lador elèctric col·locat en el comandament. Aquest circuit, en respondre a les vibracions transmeses, influïa en imants i altres artefactes, a través dels quals es controlaven els moviments de l'hèlix i el timó.

Com que la llista es fa molt llarga aquí n'esmento alguns més: La ressonància magnètica, el radar, la llum de pastilla de carboni, l'enlairament i l'aterratge vertical d'avions, la Bobina de Tesla, la transferència d'energia sense fils, l'extracció d'energia de la terra en grans quantitats, el microscopi electrònic, sistemes de propulsió de mitjans electromagnètics sense parts mòbils, eines de mesurament i control climàtic, entre molts altres. (Vegeu annex "La llista completa de les patents de Tesla".)

4.3. WITRICITY

WiTricity és una empresa que va néixer el 2007 al departament de física del MIT (Institut de Tecnologia de Massachusetts) per tal de patentar i comercialitzar un nou tipus de tecnologia d'electricitat sense cables. El nom de l'empresa ve de Wireless i elecTRICITY. El 2005 un equip liderat per Marin Soljačić, va "ressuscitar" el concepte de Tesla i van posar a punt un prototip capaç de transmetre electricitat per l'aire, sense necessitat de cables. L'invent va ser capaç de fer funcionar un MP3 i actualment automòbils elèctrics.

Eric Giler, el director executiu de Witricity, va sorprendre molt al públic demostrant com podia recarregar la bateria dels telèfons mòbils i fins i tot arribar al punt de fer funcionar televisors sense utilitzar cables. L'exhibició va tenir lloc en el marc de la conferència TED Global a Oxford. Giler va explicar que es construeixen uns 40 milions de bateries d'un sol ús cada any, les quals s'utilitzen en general a només uns metres d'on hi ha una presa de corrent de paret.

Witricity transmet electricitat per l'aire, per aconseguir aquesta màgia, aprofita el fenomen electromagnètic de la ressonància, en el qual un transmissor emet ones electromagnètiques amb una freqüència de 10 Hz. L'energia d'aquestes ones viatja a la velocitat de la llum per l'aire, fins arribar al receptor. Aquest dispositiu, també ressonant a 10 Hz, s'encarrega de convertir-la novament en electricitat aprofitable per a qualsevol dispositiu normal amb aquest sistema, l'objecte no necessita ser modificat en absolut. Simplement, en lloc de endollar-lo en un lloc fix de la paret, el connectem al receptor witricity.

La distància entre l'emissor i el receptor, almenys en el prototip utilitzat en TED Global, pot ser de fins a cinc metres, aquest sistema tenia una eficiència de transferència d'energia d'un 40%. El flux d'electricitat no es veu interromput per



planxes de fusta, de metall o altres dispositius electrònics. Els humans no resulten afectats per aquesta emissió, ja que simplement els nostres cossos són incapaços de "ressonar" en aquesta freqüència. Giler assegura que la seva tecnologia té el potencial necessari per reemplaçar definitivament els cables de coure que uneixen els nostres aparells a la paret. Fins i tot, podríem recarregar les bateries d'un cotxe elèctric simplement aparcant-lo a menys de cinc metres d'un dispositiu Witricity. Realment impressionant. Segurament serà necessari efectuar estudis independents que demostrin que l'electricitat així transmesa no produeix realment efectes nocius en el cos humà.

5. PART PRÀCTICA

A partir de tota la informació teòrica que havia anat recopilant i resumint en el marc teòric, ara només calia començar a transformar-ho en un projecte que pogués acabar d'assolir els meus objectius. En un primer moment, vaig començar a treballar per construir una bobina de Tesla. Aquest va ser el meu primer objectiu. Vaig estar-hi treballant unes quantes setmanes, fent càlculs i esquemes.

Aquí presento un dibuix molt esquemàtic del que tenia en ment:

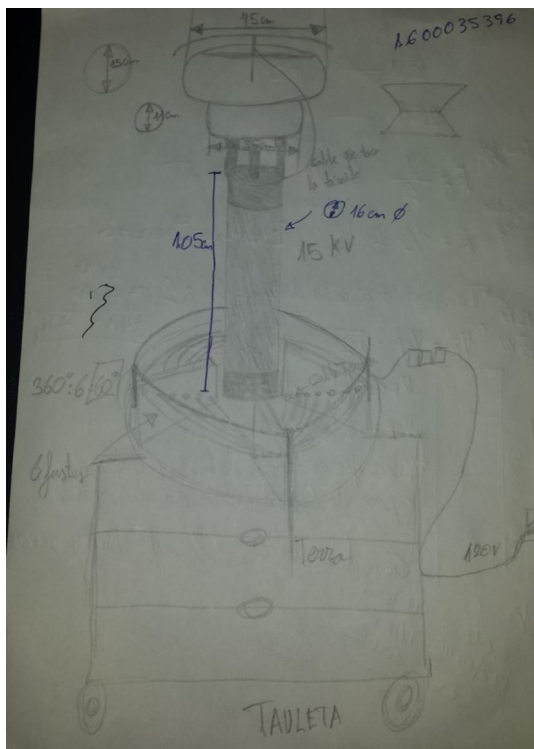


Fig3. Esquema inicial.



Fig4. Bobina de Tesla de mostra.

Vaig arribar a aconseguir instal·lar-me un programa especialitzat en la construcció de bobines de Tesla, el nom d'aquest programa és TeslaMap. Aquest programa pot generar ràpidament un disseny complet de la bobina Tesla en menys d'una hora. També és capaç d'eliminar els possibles errors generats durant el disseny de la bobina. Només has d'indicar els paràmetres estimats i l'aplicació ja et fa tots els càlculs necessaris i, a més a més, és capaç de fer una reducció de costos.

Aquest programa em va ajudar molt a fer-me una idea de les dimensions, la potència que necessitaria i també la que generaria, em va donar una referència. Però degut a l'elevat cost dels materials necessaris vaig haver-ho de desestimar, ja que volia que la transmissió de l'electricitat fos a un mínim de 35 centímetres. Una de les coses que m'implicaven un cost molt elevat, per exemple, era la font d'alimentació, que necessitava un transformador de neó que transformava 220v a 15000v

i tenia un preu de 178 euros; la placa fotovoltaica per crear l'energia que necessitava valia més de 400 euros. Tampoc era recomanable pel risc de l'experiment, ja que podia ser perillós treballar amb tanta potència. Així que vaig acabar descartant aquest projecte degut a la manca de pressupost.

Aquí mostro unes quantes imatges del programa TeslaMap, aquestes són les dades que vaig utilitzar pel meu prototip de bobina Tesla:

TeslaMap Tesla Coil Design Program

T TeslaMap

File Tools Help

Tesla Coil Design | MMC Calculator | Primary Coil Calculator | Additional Calculators

NST Input Parameters

NST Input Voltage: 220 V
 NST Input Frequency: 60 Hz
 NST Output Voltage: 15 kV
 NST Output Current: 30 mA

Primary Cap (MMC) Input Parameters

Primary Capacitance: 13.5 nF

Primary Coil Input Parameters

Coil Wire Diameter: 0.25 in
 Coil Wire Spacing: 3.2 in
 Center Hole Diameter: 6 in
 Coil Incline Angle: 20 deg

Secondary Coil Input Parameters

Magnet Wire AWG: 22
 Coil Winding Height: 24 in
 Coil Form Diameter: 24.25 in

Top Load Input Parameters

Toroid 1 Ring Diameter: 4 in
 Toroid 1 Total Diameter: 24 in
 Toroid 2 Ring Diameter: 6 in
 Toroid 2 Total Diameter: 30 in
 Sphere Diameter: 10.5 in

NST Output Parameters

Optimum PFC Cap: 82.9 uF
 NST Watts: 463 W
 Max Arc Length: 36.6 in

Optimum MMC Capacitance

Using A Static Spark Gap: 8.58 nF
 Using A Sync Rotary Spark Gap: 13.8 nF

Primary Coil Output Parameters

Required Coil Inductance: 2.257 uH
 Tap Primary Coil At Turn: 35 - 36

Secondary Coil Output Parameters

Secondary Coil Turns: 852
 Secondary H/W Ratio: 1.0:1
 Secondary Wire Length: 5,412 ft
 Secondary Wire Weight: 10.5 lbs
 Secondary Wire Diameter: 0.027 in
 Secondary Coil Capacitance: 28.7 pF
 Secondary Coil Inductance: 306 mH

Top Load Output Parameters

Top Load Capacitance: 70.9 pF
 Optimum Top Load Cap: 11.6 pF

Tesla Coil Output Parameters

Resonate Frequency: 28.8 kHz

This is the voltage supplied from the wall outlet or variac to the NST low voltage input. Typical values: 120 in USA, 220 in Europe.

T TeslaMap

File Tools Help

Tesla Coil Design | MMC Calculator | Primary Coil Calculator | Additional Calculators

MMC Input (Individual Capacitor)

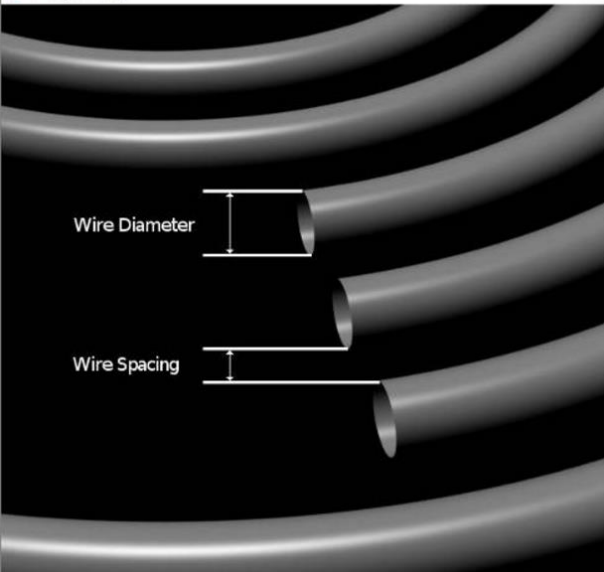
Capacitance: 0.15 uF
 DC Voltage: 1 kV

Optional Parameters

Desired MMC Capacitance: 45 nF
 Maximum Capacitors: 130

Series	Voltage	String 1	String 2	String 3	String 4	String 5	String 6	String 7	String 8
1	1.0 kV	150 nF	300 nF	450 nF	600 nF	750 nF	900 nF	1,050 nF	1,200 nF
2	2.0 kV	75.0 nF	150 nF	225 nF	300 nF	375 nF	450 nF	525 nF	600 nF
3	3.0 kV	50.0 nF	100 nF	150 nF	200 nF	250 nF	300 nF	350 nF	400 nF
4	4.0 kV	37.5 nF	75.0 nF	113 nF	150 nF	188 nF	225 nF	263 nF	300 nF
5	5.0 kV	30.0 nF	60.0 nF	90.0 nF	120 nF	150 nF	180 nF	210 nF	240 nF
6	6.0 kV	25.0 nF	50.0 nF	75.0 nF	100 nF	125 nF	150 nF	175 nF	200 nF
7	7.0 kV	21.4 nF	42.9 nF	64.3 nF	85.7 nF	107 nF	129 nF	150 nF	171 nF
8	8.0 kV	18.8 nF	37.5 nF	56.3 nF	75.0 nF	93.8 nF	113 nF	131 nF	150 nF
9	9.0 kV	16.7 nF	33.3 nF	50.0 nF	66.7 nF	83.3 nF	100 nF	117 nF	133 nF
10	10.0 kV	15.0 nF	30.0 nF	45.0 nF	60.0 nF	75.0 nF	90.0 nF	105 nF	120 nF
11	11.0 kV	13.6 nF	27.3 nF	40.9 nF	54.5 nF	68.2 nF	81.8 nF	95.5 nF	109 nF
12	12.0 kV	12.5 nF	25.0 nF	37.5 nF	50.0 nF	62.5 nF	75.0 nF	87.5 nF	100 nF
13	13.0 kV	11.5 nF	23.1 nF	34.6 nF	46.2 nF	57.7 nF	69.2 nF	80.8 nF	92.3 nF
14	14.0 kV	10.7 nF	21.4 nF	32.1 nF	42.9 nF	53.6 nF	64.3 nF	75.0 nF	85.7 nF
15	15.0 kV	10.0 nF	20.0 nF	30.0 nF	40.0 nF	50.0 nF	60.0 nF	70.0 nF	80.0 nF
16	16.0 kV	9.38 nF	18.8 nF	28.1 nF	37.5 nF	46.9 nF	56.3 nF	65.6 nF	75.0 nF
17	17.0 kV	8.82 nF	17.6 nF	26.5 nF	35.3 nF	44.1 nF	52.9 nF	61.8 nF	
18	18.0 kV	8.33 nF	16.7 nF	25.0 nF	33.3 nF	41.7 nF	50.0 nF	58.3 nF	
19	19.0 kV	7.89 nF	15.8 nF	23.7 nF	31.6 nF	39.5 nF	47.4 nF		
20	20.0 kV	7.50 nF	15.0 nF	22.5 nF	30.0 nF	37.5 nF	45.0 nF		
21	21.0 kV	7.14 nF	14.3 nF	21.4 nF	28.6 nF	35.7 nF	42.9 nF		
22	22.0 kV	6.82 nF	13.6 nF	20.5 nF	27.3 nF	34.1 nF			
23	23.0 kV	6.52 nF	13.0 nF	19.6 nF	26.1 nF	32.6 nF			
24	24.0 kV	6.25 nF	12.5 nF	18.8 nF	25.0 nF	31.3 nF			

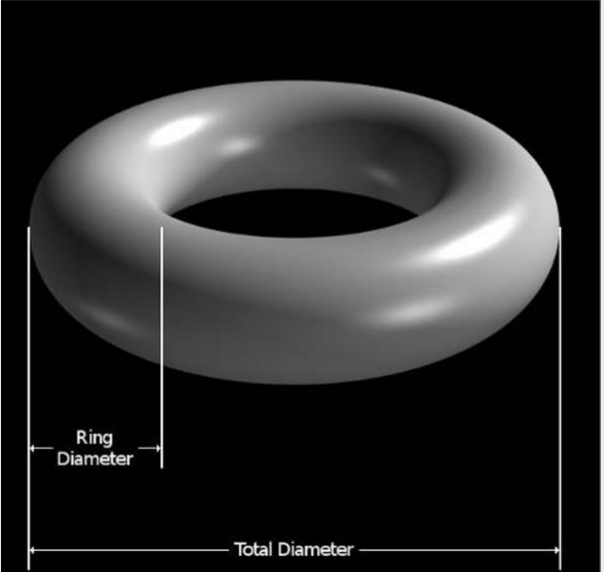
T Primary Coil Help



Wire Diameter

Wire Spacing

T Top Load Help



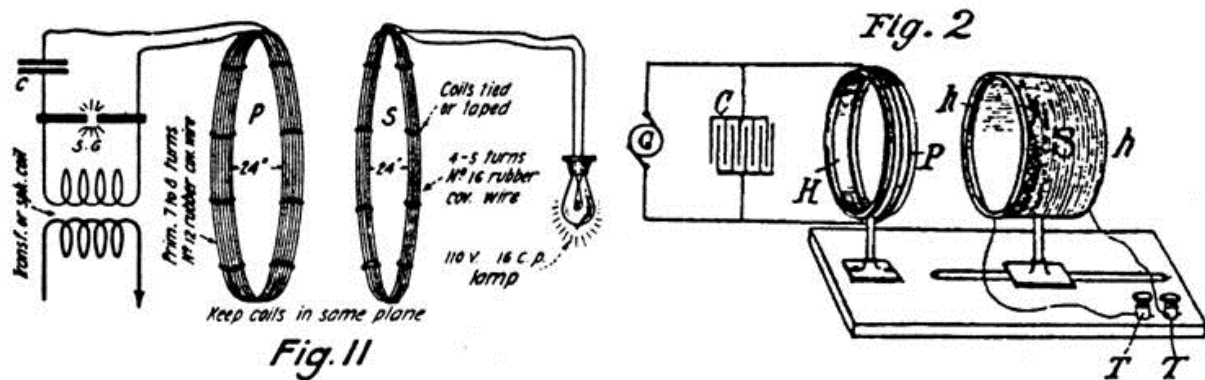
Ring Diameter

Total Diameter

En voler canviar de projecte (però no d'objectiu) necessitava noves idees i buscant vaig trobar dues patents de Nikola Tesla, les quals em van resultar molt i molt interessants.

El que Tesla feia, no era altra cosa que utilitzar el fenomen físic de la ressonància, el qual es pot obtenir amb la vibració de camps magnètics creats per l'electricitat. En un dels seus experiments, acobla dues bobines de coure de la mateixa freqüència de ressonància magnètica, una crea un camp magnètic no radiatiu al seu voltant amb una freqüència d'uns determinats MHz. Seguidament a l'altra bobina aconseguix induir un corrent elèctric degut al camp magnètic oscil·lant creat per la primera. D'aquesta manera va poder demostrar la transmissió d'energia inalàmbrica.

Aquí mostro els seus dos invents patentats fa més de 100 anys:



Després de descobrir aquest invent, em vaig començar a informar. Vaig descobrir que als EUA, l'any 2007, un equip d'investigadors del MIT (Institut Tecnològic de Massachusetts) format per estudiants liderats pel professor Marin Soljačić, van publicar a la revista Science els seus resultats obtinguts en el camp de la transmissió inalàmbrica d'energia. L'equip format per sis enginyers va aconseguir il·luminar una bombeta de 60W de forma inalàmbrica mitjançant dues bobines de coure de 30 cm de radi separades per 2 metres mitjançant l'acoblament ressonant.

Tot i que l'eficiència del conjunt era del 50%, l'experiment va esdevenir un gran èxit i va marcar el començament d'una nova investigació que s'ha estat desenvolupant fins avui en dia, i tot just ara es comença a estendre a nivell comercial.

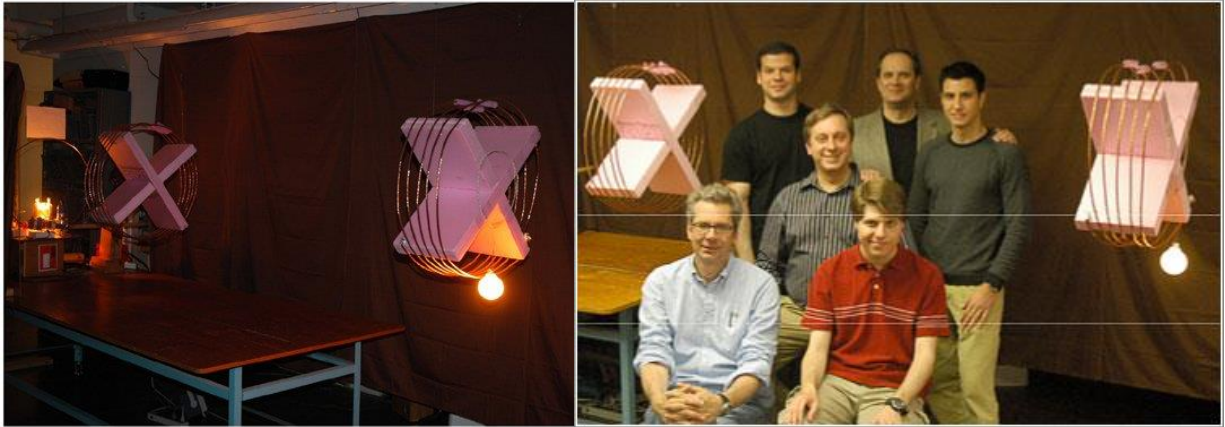


Fig 5. Investigadors del MIT al cantó del seu famós experiment.

Degut al baix cost de producció d'aquest experiment vaig decidir tornar a considerar la transferència d'energia sense cables, ja que aquesta em permetia assolir els meus objectius i poder transmetre electricitat a 35 centímetres. També em vaig informar sobre el risc de l'experiment, vaig descobrir que era totalment innocu, ja que aquest fa el mateix mal que pugui fer el Wifi. Així que en veure que finalment podia seguir treballant amb la transferència inalàmbrica d'energia, em va donar una empenta motivadora.

5.1. FUNCIONAMENT DEL MEU SISTEMA WITRICITY

La tecnologia WiTricity s'enfoca en la tècnica de les ressonàncies magnètiques, com ja he explicat al principi. Aquest sistema utilitza dues bobines de coure que estan perfectament acoblades per ones magnètiques. Si seguidament apliquem el fenomen de l'acoblament magnètic ressonant, aconseguim que la transferència d'energia elèctrica es faci tan òptima, que fa que el camp magnètic no hagi de ser molt intens per induir corrent de la bobina primària a la secundària. Per exemple, si aquest acoblament fos físicament correcte, seria possible separar les dues bobines diversos metres sense que decaigués el corrent elèctric induït.

El sistema es divideix en dues parts, una de les bobines es connecta a una font d'alimentació, en el meu cas de 12V i dona una intensitat de 1,5A, creant així un camp magnètic, mentre que la segona bobina està preparada per convertir aquest camp magnètic en corrent elèctric. Les meves bobines són capaces de transmetre l'energia elèctrica d'una manera òptima a 0,60m amb un díode led, en canvi amb una bombeta de 6V, la transferència és 0,30m. Aquestes ones són capaces de traspasar objectes sòlids com escriptoris, parets i cossos humans, com per exemple faria el wifi. La bobina alimentada també pot transmetre energia a múltiples bobines receptores, de manera que una única font pot enviar energia a diversos objectes.

Una idea que vaig tenir, seria la de col·locar una sèrie de repetidors que transmetessin energia al llarg d'una sèrie de bobines, així es podria ampliar l'àrea de treball. Aquesta idea per mala sort no la vaig dur a terme mai.

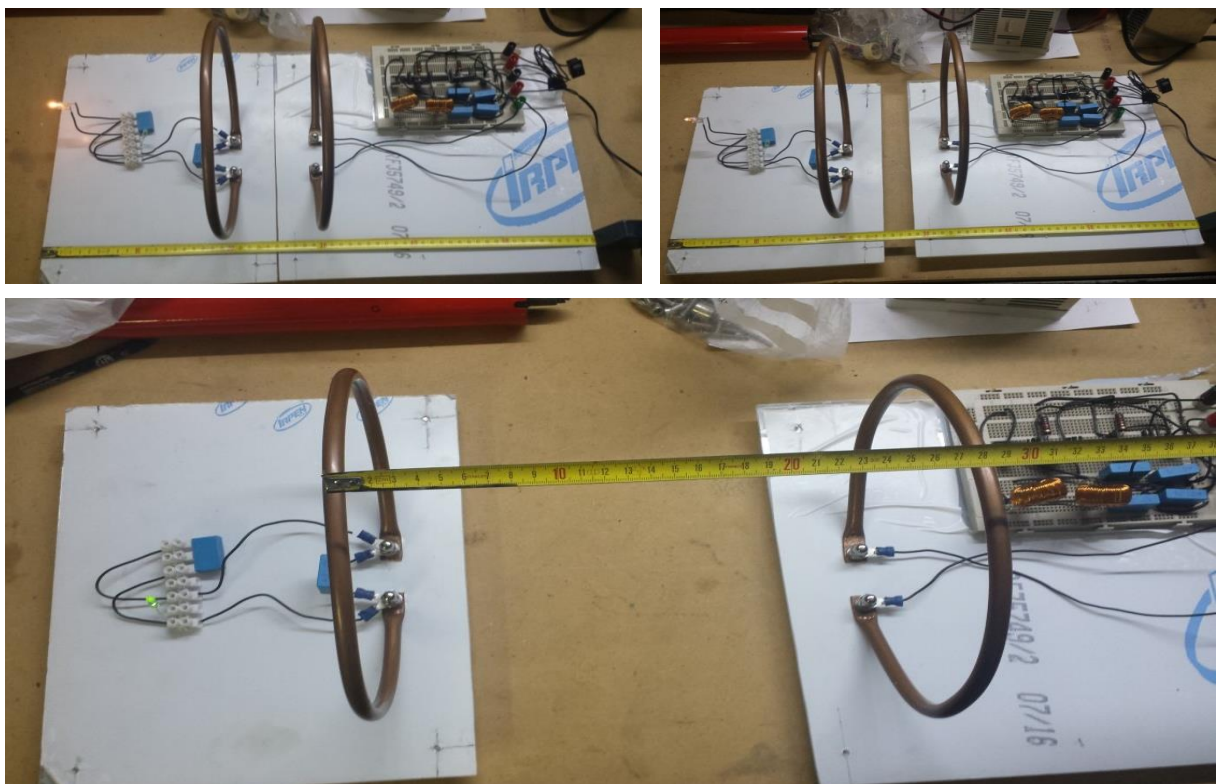


Fig 6. Segon muntatge del meu projecte.

5.2. FÓRMULES I OPERACIONS

El factor de qualitat "Q" d'un circuit ressonant és la mesura de l'eficiència amb la qual aquest ressona. Això vol dir que a major qualitat més estret és l'ample de banda en el qual el circuit ressona. El factor qualitat està definit com la raó entre la potència emmagatzemada i la potència dissipada del circuit, el seu valor pot variar entre 0 i 1, essent 1 quan estan perfectament acoblades i 0 quan no ho estan. La qualitat d'aquest aparell està més determinada per la forma de les bobines i l'angle d'incidència entre elles. És important destacar que en el meu circuit l'energia només s'emmagatzema en el capacitor i en la inductància, de manera que l'energia es dissipa en les resistències.

La fórmula del factor de qualitat, és la següent:

$$Q = 2E \cdot \frac{E}{\Delta E}$$

**(E)Energia total del sistema eficient*

**(ΔE)Energia que és dissipa en cada cicle d'oscil·lació*

Perquè el fenomen de la ressonància és duguï a terme la impedància del circuit ha de ser mínima, de manera que el valor de la reactància inductiva ha de ser exactament igual a la reactància capacitiva $X_L = X_C$, això dona lloc a l'oscil·lació entre els camps elèctrics i magnètics del condensador i de l'inductor, respectivament.

Aquí l'equació:

$$2\pi f \cdot L = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$$

**(f)Freqüència del sistema*

**(L)Inductància*

**(C)Capacitància*

Fórmula que vaig utilitzar per calcular la inductància amb les meves operacions:

$$L = \frac{0,001 \cdot D^2 \cdot n^2}{2 + 0,45l} \qquad L = \frac{0,001 \cdot 210^2 \cdot 1^2}{0 + 0,45 \cdot 210} = 0,46 \text{ mH}$$

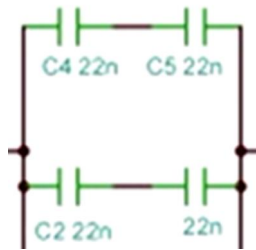
**(D)Diàmetre en mil·límetres*

**(L)Inductància*

**(n)Nombre d'espines*

**(l)Longitud de la bobina, en el meu cas nomes és una espira*

Per calcular la capacitància no vaig necessitar cap fórmula, ja que sabent que en sèrie es calcula d'aquesta manera $1/CT = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3 + 1/C4$ i en paral·lel se sumen, em va sortir 22nF en total.



Condensadors en sèrie:

$$1/CT = 1/C2 + 1/C3 = 1/22 + 1/22 = 2/44 = 1/22 = 11nF$$

$$1/CT = 1/C4 + 1/C5 = 1/22 + 1/22 = 2/44 = 1/22 = 11nF$$

Condensadors en paral·lel:

$$CT = 11 + 11 = 22nF$$

Donada aquesta igualació podem obtenir la fórmula per calcular la freqüència en que ressona el sistema:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{2,22 \cdot 2,22}} = 0,5003\text{MHz}$$

*(f)Freqüència del sistema

*(L)Inductància

*(C)Capacitància

Segons la Llei de Faraday, la *fem* induïda en un circuit tancat és directament proporcional a la variació del temps respecte el flux magnètic que travessa la superfície del circuit, aquesta força electromotriu és proporcional a la rapidesa del flux magnètic i al temps, generant així l'energia en el receptor. Seguidament Lenz, va modificar la Llei de Faraday, indicant que la corrent induïda circula de forma oposada a la que el corrent origina.

Aquí tenim la fórmula:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

*(ε)Fem induïda

*(ΔΦ)Flux magnètic

*(Δt)Temps

*(N)Nombre d'espines

Vista aquesta relació, vaig informar-me sobre el període. En termes físics el període seria el temps que tarda un cicle que es repeteix a tornar a començar.

Aquí tenim la relació:

$$T = \frac{1}{f} \quad f = \frac{1}{T}$$

*(T)Temps

*(f)Freqüència

Com podem observar el període és invers a la freqüència, si augmentem la freqüència fa que obtinguem més energia al sistema, això significa que com més ràpid varia el flux magnètic en el temps, major és l'energia en el receptor. Així que vaig procurar obtenir sempre una bona freqüència.

Com es pot veure en la següent imatge, a major longitud d'ona, menor freqüència. Un avantatge de les ones amb longitud d'ona menor és que són susceptibles a patir un menor grau d'interferències.

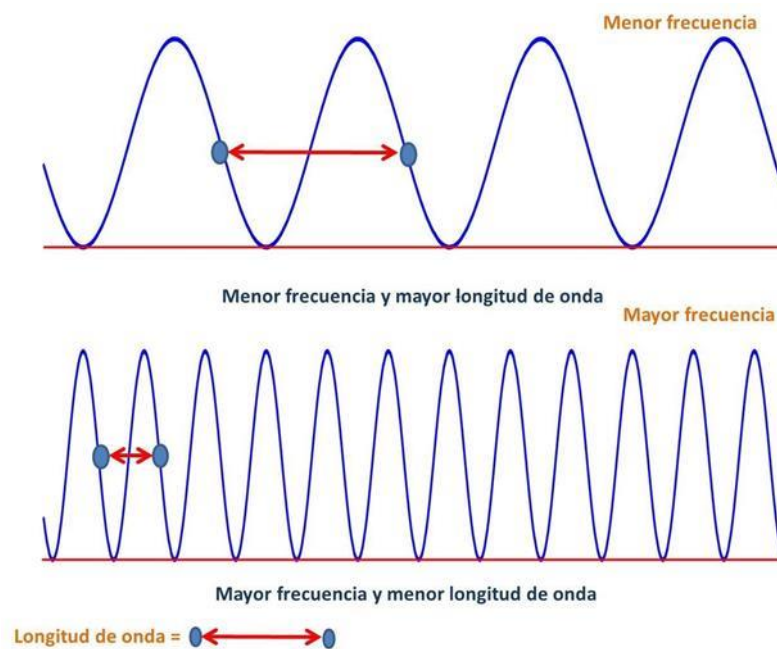


Fig7. Relació entre longitud d'ona i freqüència

Seguidament, vaig decidir calcular la potència màxima de la bobina emissora ja que així després podria calcular l'eficiència del circuit.

Aquí mostro la fórmula amb les operacions:

$$P(\text{W}) = \frac{V \cdot I}{2\sqrt{LC}} \quad P(\text{W}) = \frac{0,22 \cdot 12}{2\sqrt{0,46 \cdot 0,22}} = 50,2$$

*(P)Potència instantània màxima

*(C)Capacitància

*(L)Inductància

*(V)Tensió

El rendiment d'un dispositiu o circuit elèctric, és un número que expressa l'eficiència energètica del dispositiu en qüestió. És a dir, es tracta de saber quina quantitat de l'energia subministrada es perd i quina quantitat no es perd.

El podem calcular mitjançant aquesta equació matemàtica:

$$\eta = \frac{E_{obtinguda}}{E_{subministrada}} \cdot 100$$

*(η) Rendiment

*($E_{obtinguda}$) Energia obtinguda

*($E_{subministrada}$) Energia subministrada

Com que aquest sistema varia el rendiment segons la distància de l'emissor he fet tres càlculs, el primer a 10cm, el segon a 20cm i el tercer a 30cm.

Aquests són els càlculs fets amb la bombeta de 12V:

$$\eta_{(10\text{cm})} = \frac{2,184\text{W}}{13,92\text{W}} \cdot 100 = 15,69\%$$

$$\eta_{(20\text{cm})} = \frac{0,418\text{W}}{10,44\text{W}} \cdot 100 = 4\%$$

$$\eta_{(30\text{cm})} = \frac{0,021\text{W}}{8,88\text{W}} \cdot 100 = 0,2\%$$

Com que el sistema treballa a baixa potència, és susceptible de patir una major pèrdua de potència. També cal tenir en compte que aquestes proves han estat fetes amb una bombeta de 12V, ja que si hagués fet les proves amb un díode LED hauria obtingut un menor rendiment.

Seguidament, a partir d'una proporcionalitat directa, vaig calcular l'eficiència de la bombeta, d'aquesta manera podria saber l'eficiència que tindria segons la distància de separació de les espines:

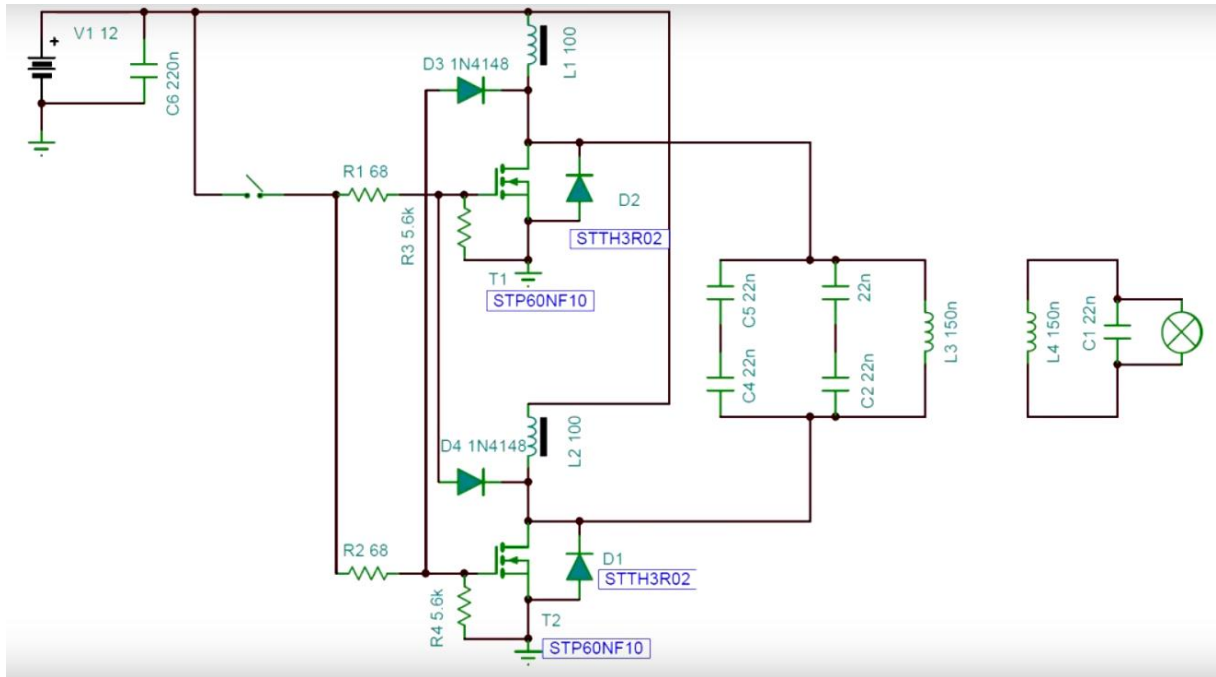
Distància	Voltatge	Percentatge
10 cm	12 V	100%
15 cm	8,7 V	72%
20 cm	4,1 V	34,16%
25 cm	1,7 V	14,16%
30 cm	0,5 V	4,1%

Tal com es pot veure a la taula, l'eficiència cau molt a partir dels 15 centímetres.

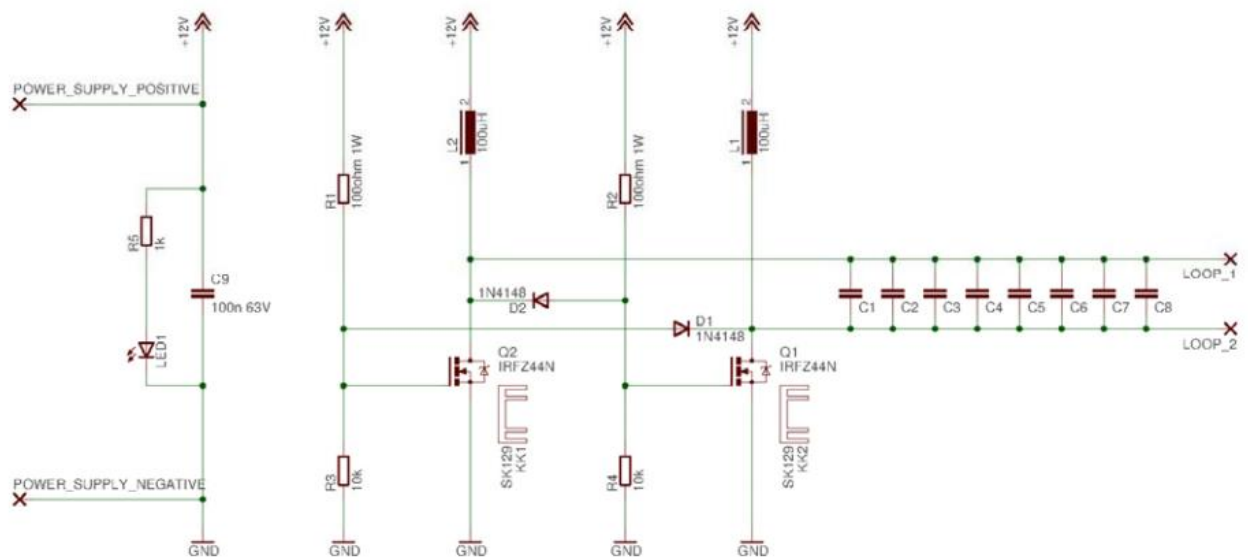
5.3. PLÀNOLS DELS DOS CIRCUITS

El meu projecte és basa en l'obtenció d'un circuit genèric analògic el qual he obtingut de diferents fonts. El que busco és millorar l'eficiència del circuit a partir de fórmules i fent moltes proves en alguns components per així poder obtenir diferents resultats.

Aquest és el primer circuit que vaig provar, el vaig obtenir d'un vídeo tutorial de YouTube d'un senyor anglès, Mister_rf.



Després, vaig decidir provar un circuit diferent perquè volia obtenir resultats més bons. Aquest el vaig obtenir de la UPC de Barcelona (Universitat Politècnica de Catalunya), i un cop muntat li vaig fer varies modificacions.



5.3.1. El primer circuit

Els components que vaig utilitzar en aquest primer circuit van ser els següents:

- ❖ 2 Bobines de xoc toroïdal de 150uH/5,4 A
- ❖ 2 Resistències de 100 ohms/2W
- ❖ 2 Resistències de 5.6k ohms
- ❖ 2 Díodes STTH3R02 ultrafast de 200v/3A
- ❖ 2 Díodes SR810 Schottky 100V/8A
- ❖ 2 Díodes 1N4148 de 100 V/200 mA
- ❖ 5 Condensadors de 22nF / FKP de 1000v
- ❖ 2 Transistors STP60NF10 Mosfet
- ❖ 2 Transistors IRF520NPBF
- ❖ 2 Transistors IRF530PBF
- ❖ 1 Condensador 220nF 250V
- ❖ 2 Plaques protoboard rodolins
- ❖ 2 Voltes d'un tub de coure de 210 mm de diàmetre amb un gruix de 15 mm

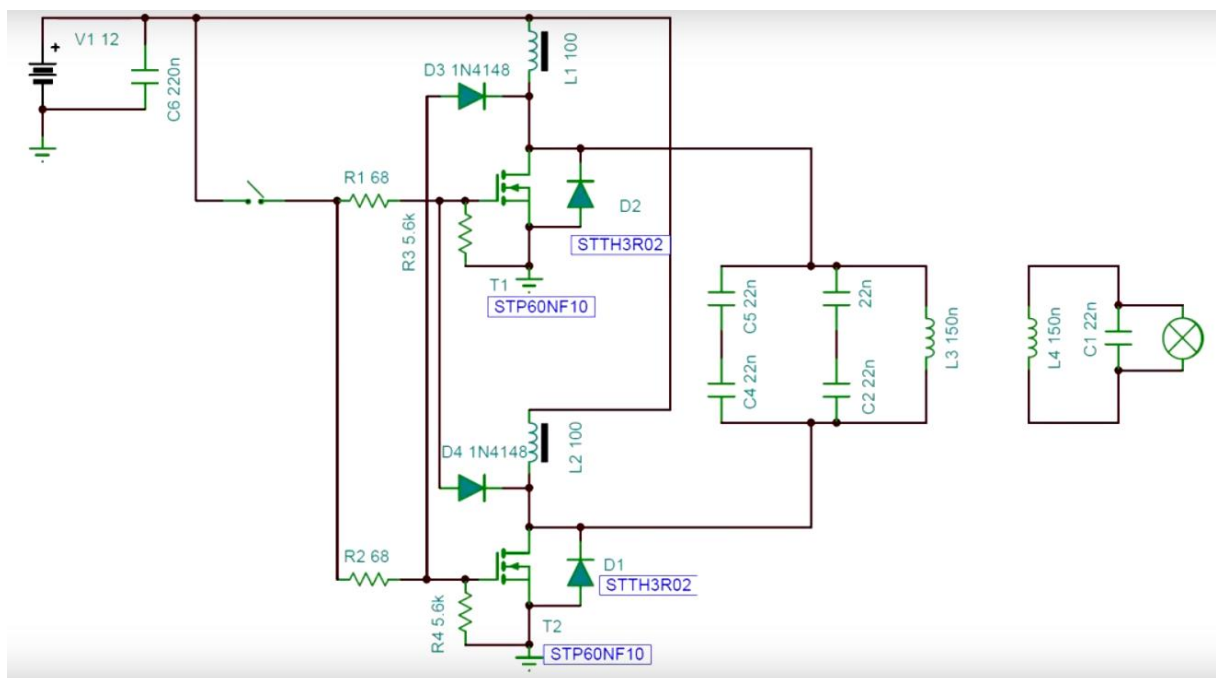


Fig8. Primer circuit

Les diferents proves que vaig fer amb els transistors:

Vaig fer varies proves de transistors, ja que, alguns d'ells són de més bona qualitat i els resultats obtinguts quant a distància de transmissió ens demostren la seva efectivitat: (Els transistors que he variat en el circuit indicat són T1 i T2).

El transistor IRF530PBF és el que em va donar més bon resultats. Sense càrrega manté una intensitat de 0,42A al circuit, un cop amb càrrega la intensitat augmenta a 0,85A, i això fa que puguem encendre una bombeta LED a una distància màxima de 35cm entre bobines.

Seguidament vaig provar el transistor IRF520NPBF, aquest no em va donar tan bons resultats com l'anterior. Sense càrrega manté una intensitat de 0,38A al circuit, i un cop amb càrrega la intensitat augmenta a 0,78A, i això fa que puguem encendre una bombeta LED a una distància màxima de 32cm entre les espines.

L'últim transistor que vaig provar va ser el STP60NF10 Mosfet, aquest va ser el que em va donar pitjors resultats, sense càrrega manté una intensitat de 0,48A al circuit, i un cop amb càrrega la intensitat augmenta a 0,98A, això ens permet poder encendre una bombeta LED a una distància màxima de 31cm entre les bobines.

Per últim, als transistors els vaig posar un radiador, d'aquesta manera no arribaven a escalfar-se del tot.

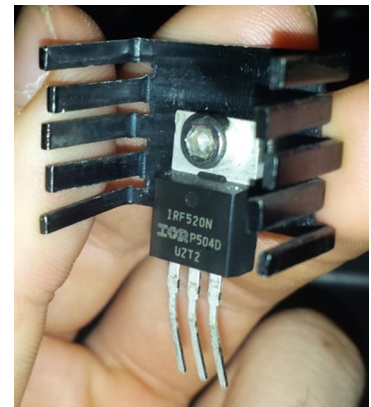


Fig9. Transistor amb un radiador

Les proves dels díodes:

Vaig fer unes petites proves amb els díodes, ja que alguns d'ells se m'escalfaven bastant i vaig decidir que volia que treballessin més frescos, els components amb els que vaig fer les proves van ser els següents: els transistors IRF520, les resistències R1 i R2 canviades a 100 ohms i un voltatge de 12V. Els altres components els vaig deixar com indicava l'esquema. (Els díodes que he variat en el circuit indicat són D3 i D4).

Els díodes provats van ser els següents:

El díode 1N4148 va ser el que em va resultar millor. Aquest díode treballa amb una temperatura fresquíssima i crec que és l'ideal per al meu circuit. Treballa a 0,23A sense càrrega.

El díode STTH3R02 em funciona molt fresc també i igualment treballa a 0,23A, la mateixa intensitat que l'SCHOTTKY BARRIER MBR1645 sense càrrega.

Els SR810 Schottky, funcionen bé, tirant cap a fresc, aquests treballen a 0,25A sense càrrega.

Els díodes BA157 funcionen bé, però aquests sí que s'escalfen una mica, treballen a 0,35A sense càrrega.

Proves de voltatge amb la font d'alimentació:

He intentat augmentar la tensió de la font d'alimentació fins a 24V i amb una intensitat de 6A. El circuit aconsegueix un augment de rendiment fins a 40 cm. L'únic problema d'aquesta prova és que les resistències R1 i R2 se'm han sobreescalfat tant que m'han tret una mica de fum ja que aquest circuit està dissenyat per treballar amb una tensió de 12V. Això em va portar a canviar-les per unes de ceràmiques ja que aquestes aguanten molt més. Les noves resistències són de 47 ohms i 5w.



Aquí mostro el resultat final del circuit. A la imatge es pot veure el muntatge que em va crear un curtcircuit, el qual em va donar bastant mals de cap.

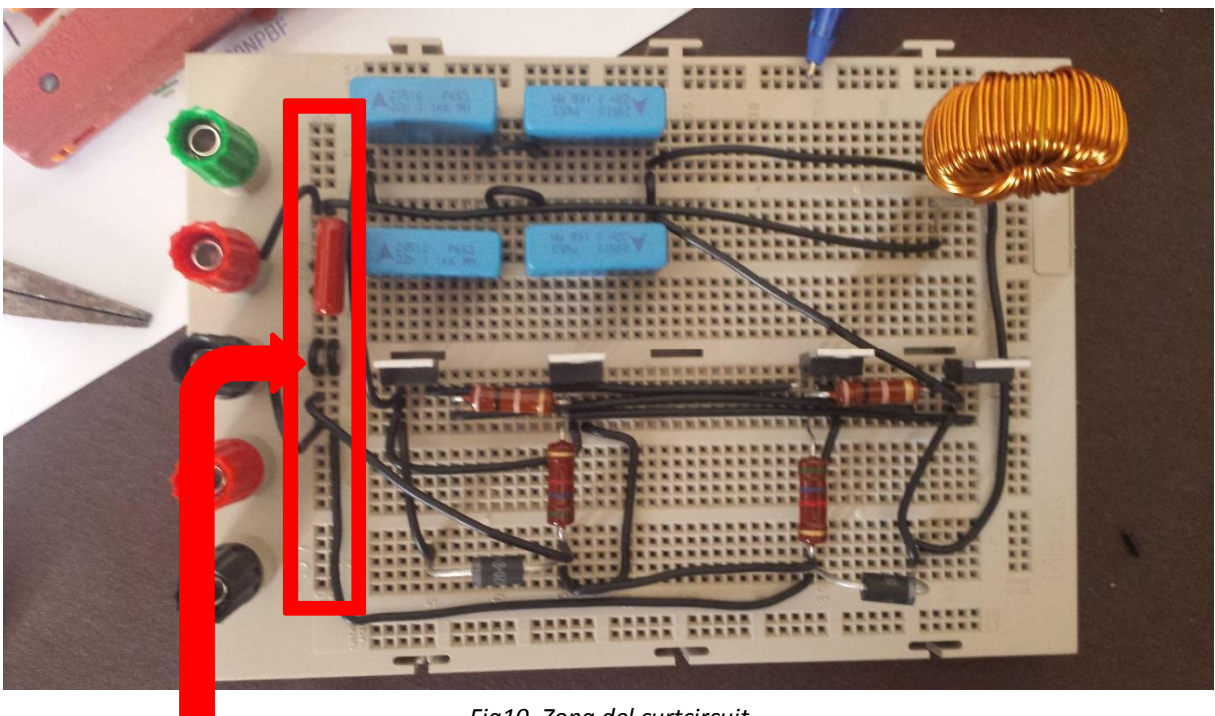


Fig10. Zona del curtcircuit

Aquí tenim el curtcircuit després de l'accident. Vaig desmuntar la tapa de baix i vaig descobrir que tota la part superior de la protoboard estava unida i no era necessari anar fent petits ponts.

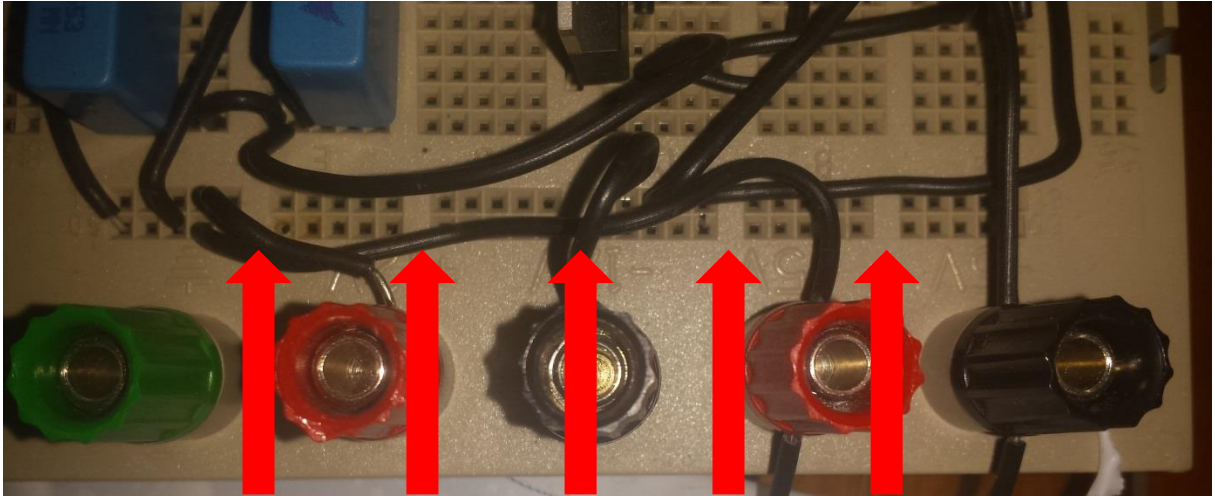


Fig11. Zona del curtcircuit rectificada

Com podem veure a la figura 11, ja no hi ha cap curtcircuit, simplement he anat traient els petits ponts. Després de tot, el circuit em va funcionar correctament i em va donar uns resultats bastant bons. Com que aquest circuit només em transmetia energia a 20 centímetres, vaig decidir provar una variant d'aquest sistema. Vaig fer aquest canvi per aconseguir nous resultats i posar-me a prova per veure si podia augmentar la distància a 30 centímetres com inicialment m'havia posat com a objectiu.

5.3.2. El segon circuit

Els components que vaig utilitzar en el segon circuit són els següents:

- ❖ 2 Bobines de xoc toroidal de 100uH/5A
- ❖ 2 Resistències de 47 ohms/5W de ceràmica(reutilitzades)
- ❖ 2 Resistències de 1k ohms
- ❖ 6 Condensadors MKP 6K8 pF 1600V
- ❖ 5 Condensadors de 22nF / FKP de 1000v(reutilitzats)
- ❖ 2 Transistors IRFZ44N
- ❖ 2 Transistors IRF520NPBF(reutilitzat)
- ❖ 2 Transistors IRF540NPBF
- ❖ 2 Plaques protoboard rodolins(reutilitzades)
- ❖ 2 Voltes d'un tub de coure de 210 mm de diàmetre amb un gruix de 15 mm(reutilitzats)
- ❖ 2 Díodes STTH3R02 ultrafast de 200v/3A(reutilitzats)
- ❖ 2 Díodes SR810 Schottky 100V/8A(reutilitzat)
- ❖ 2 Díodes B1645 de 100V/4A

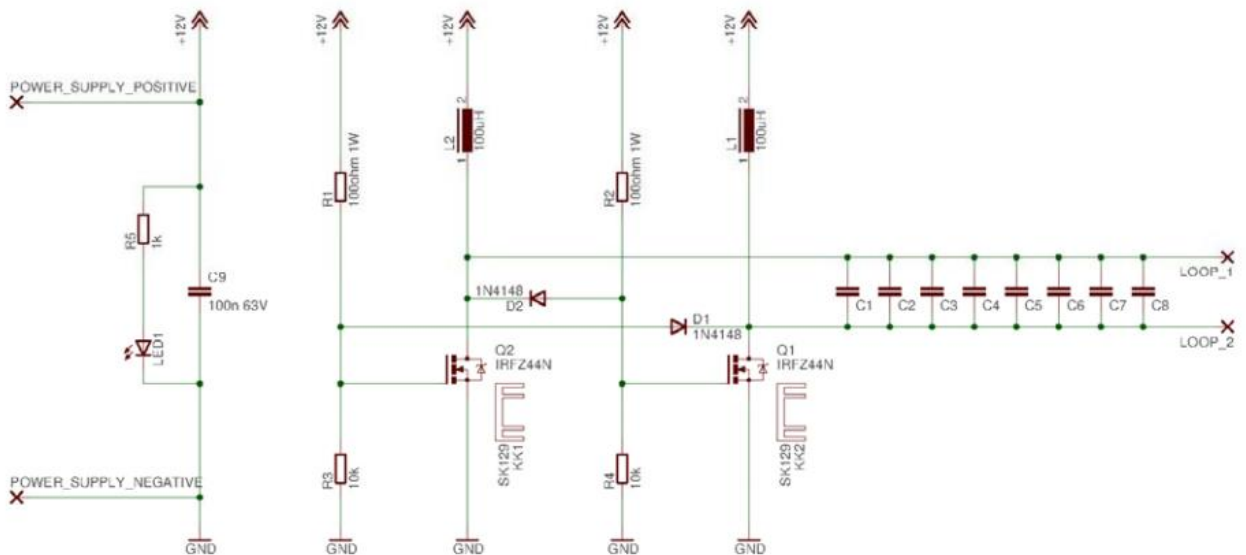


Fig12. Segon circuit

El canvi de les bobines de xoc:

Les bobines de xoc, són bobines que s'utilitzen per aïllar corrents alterns de determinades freqüències en certes parts d'un circuit. Aquestes són capaces de bloquejar el corrent altern mentre deixen passar el corrent continu, contràriament a l'efecte dels condensadors. També s'utilitzen en la prevenció de les interferències electromagnètiques de les fonts d'alimentació o per a la prevenció del mal funcionament dels equips electrònics. Anteriorment tenia col·locades unes bobines de xoc de 150uH i 5,4 A, però vaig decidir canviar-les per unes de 100uH i 5A. Aquest canvi no em va resultar molt efectiu ja que el resultat no va ser gaire significatiu.

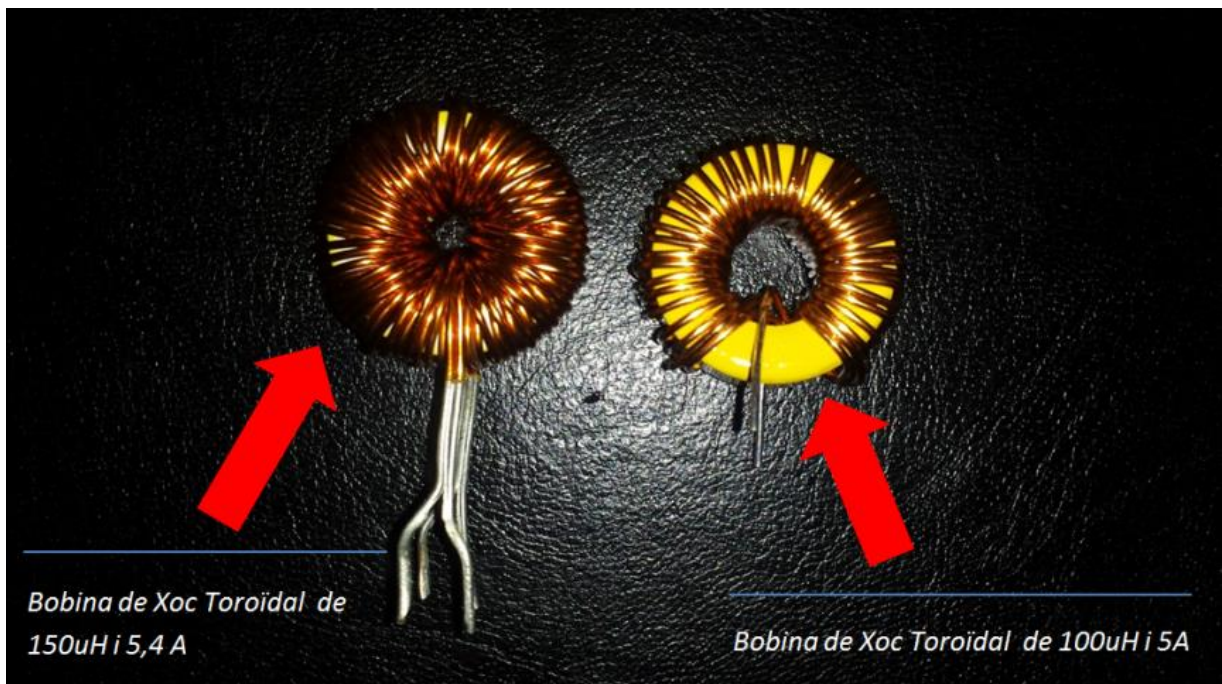


Fig13. Bobines de xoc

Les proves dels transistors:

Vaig fer varies proves de transistors ja que alguns d'ells són de més bona qualitat i els resultats obtinguts quant a distància de transmissió demostren que la seva qualitat és molt important: (En el circuit indicat són T1 i T2).

El transistor IRF520NPBF és el que em va donar més bons resultats. Sense càrrega manté una intensitat al circuit d'uns 0,40A, un cop amb càrrega la intensitat augmenta a 0,82A. Aquests transistors fan que puguem encendre una bombeta LED a una distància màxima de 35cm entre bobines.

El transistor IRFZ44N em va donar molt bons resultats, sense càrrega em manté una intensitat al circuit d'uns 0,42A, un cop amb càrrega la intensitat augmenta a 0,85A. Aquests transistors fan que una bombeta LED és pugui encendre a una distància màxima d'uns 33cm.

El transistor IRF540NPBF no em va donar bons resultats però tampoc me'ls va empitjorar molt. Sense càrrega manté una intensitat al circuit d'uns 0.48A, un cop amb càrrega la intensitat augmenta a 0.95A. Aquests em van permetre encendre una bombeta LED a una distància màxima de 30cm entre les espines.

Les proves que vaig fer amb els díodes:

Vaig fer tres proves de díodes, ja que ràpidament vaig obtenir molts bons resultats. Les proves les vaig realitzar amb els següents components: Els transistors eren els IRF520NPBF ja que aquests van ser els que em van donar més bon resultat; el voltatge, com sempre, va ser amb 12V, i les resistències van ser reutilitzades de l'anterior circuit, amb un valor de 47 ohms.

Els díodes provats van ser els següents:

El díode B1645 va ser el que em va oferir millors resultats. Aquest treballa amb una temperatura molt fresca i vaig decidir que era l'ideal per al meu circuit. Treballa a 0,23A sense càrrega elèctrica.

El díode SR810 Schottky també em funciona bastant fresc i em treballa a 0,25A sense càrrega.

Per últim, tenim el díode STTH3R02, el qual em funciona mitjanament fresc, i treballa a 0.35A.

Les proves dels condensadors:

Inicialment vaig voler provar els 6 Condensadors MKP de 6K8 pF i 1500V, ja que a l'esquema de la UPC de Barcelona els utilitzaven. No vaig obtenir molt bons resultats, per tant vaig reutilitzar els 5 Condensadors FKP de 1000v de 22nF. Sorprenentment vaig aconseguir un increment del rendiment, degut a que aquests condensadors tenen uns valors diferents que fan que el fenomen de la ressonància sigui molt més gran.



Fig14. Condensadors utilitzat.

Aquí mostro el resultat final del segon circuit:

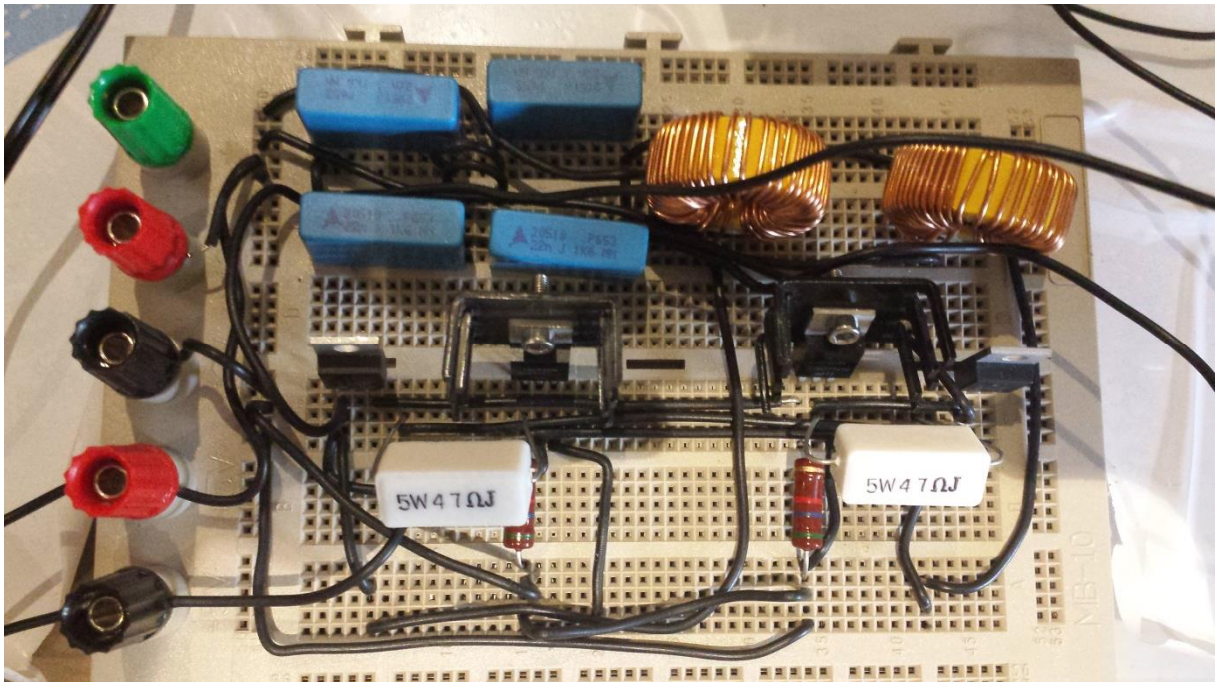


Fig15. Condensadors utilitzats

5.4. OBTENCIÓ DELS ELEMENTS

D'entrada, vaig pensar en fer una construcció amb plafons de fusta, fàcils de modelar. Ràpidament ho vaig descartar en trobar metacrilat en un magatzem comercial. Em va semblar que aquests panells de plàstic transparents semi-rígid, serien més eficients a l'hora d'aïllar i donarien un toc de qualitat al projecte.

Necessitava trobar un tub de coure de entre 10-15 mm de gruix i fer-ne dues circumferències de 210mm de diàmetre. El vaig trobar a Bauhaus, però només hi havia tubs de coure rectes de 1,50m i 15mm de gruix. La solució va ser trobar un cargol de banc on pogués donar-li la forma. Gràcies a la seva alta ductilitat em va ser fàcil donar-li la forma, però no em va acabar de sortir del tot bé. Finalment vaig pensar que el lampista del meu poble hauria de tenir tubs de coure en forma d'esprial, d'aquesta manera em resultaria molt més fàcil donar-li forma. Un cop allà, vaig explicar perquè ho volia i van decidir regalar-me els trossos que necessitava. A les imatges es pot apreciar la comparació entre el tub de coure de Bauhaus i el tub que m'havia proporcionat el lampista.



Fig16. Les espies

Per poder unir les bobines de coure a la plataforma, vaig usar petits cargols, mascle i femella, d'una mida que em permetés, després de fer-hi els corresponents forats amb una broca, collar la base de metacrilat. Seguidament vaig trobar uns tacs de metall que em van permetre poder elevar el projecte i donar-li un toc més professional.



Fig17. Subjeccions de les espies i tacs

Un cop feta la plataforma i les bobines, vaig haver de fer una llista de components electrònics ja que eren molt concrets. Vaig anar a diferents tendes d'electrònica com ara BF ELECTRÒNICA o BTS ELECTRÒNICA (abans Zeners). D'aquí només vaig poder obtenir la meitat del material, ja que aquests components ja no es fan servir.

Després de buscar diferents alternatives, vaig decidir buscar els components a internet, concretament a Cetric, on em va resultar bastant fàcil acabar d'aconseguir tots els components i em van arribar sorprenentment ràpid.

A l'hora de construir el sistema electrònic vaig decidir utilitzar dues protoboards, ja que aquestes plaquetes em permeten fer varies proves sense necessitat de soldar.

Seguidament, vaig encarregar per internet una font d'alimentació commutada de 12V que dona una potència de 60W i una intensitat de 5A, després d'aconseguir la font d'alimentació, el meu pare em va portar de la seva feina dos magnetotèrmics i un borne.



Fig18. Borne i magnetotèrmics



Fig19. Font d'alimentació

5.5. CONSTRUCCIÓ DEL SISTEMA WITRICITY PAS A PAS

1-Tallar la plataforma de metacrilat:

Amb la serra de calar vaig tallar amb molta cura ja que amb el fregament el metacrilat es fon i es pot quedar enganxat a la fulla. D'aquesta manera vaig poder fer dues plataformes, una per al circuit inductor i l'altra per al receptor.

2-Tallar el tub de coure i donar-li forma:

El tub de coure l'he utilitzat per fer les bobines, l'emissora i la receptora, ja que aquests tubs al ser més gruixuts que un simple cable de coure em proporcionarien una major capacitat de conducció elèctrica, considerant que el circuit que utilitzo treballa amb una freqüència bastant alta. El que es fa en augmentar l'àrea és que l'energia elèctrica viatgi per la superfície del tub i no pel seu centre on aquesta energia tendiria a escapar-se del conductor. D'aquesta manera s'aconsegueixen menys pèrdues d'energia i també que la bobina no s'hagi de escalfar exageradament.

Una vegada fetes les plantilles de les circumferències amb l'ajuda del compàs, vaig començar a donar forma amb les meves mans ja que el material és bastant mal-leable, fins que finalment vaig aconseguir dos espirals pràcticament iguals. Un cop arrodonit el tub i tallat, amb unes alicates vaig aplanar les puntes per poder subjectar la bobina amb la plataforma.



Fig20. Puntetes de les espirals

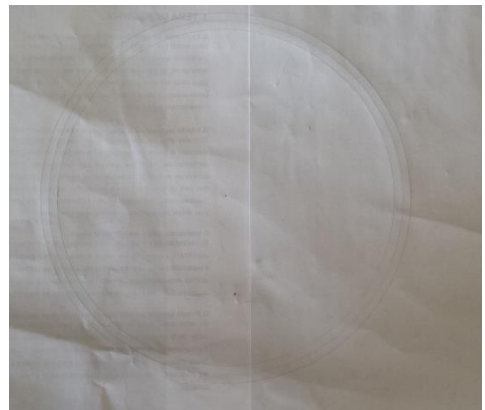


Fig21. Plantilla per als espirals

3-El muntatge sobre les ProtoBoards:

Per realitzar totes les connexions electròniques de manera que es poguessin connectar i desconectar en qualsevol moment, vaig utilitzar una placa de proves ja que així no necessitava soldar tots els components a l'aire i d'aquesta manera es poden rectificar els errors. Seguint els esquemes, vaig muntar els circuits. Un cop muntat el primer circuit vaig fer una prova per assegurar el seu funcionament, però en encendre'l vaig veure que em sortia fum de la placa. Ràpidament vaig tancar la font d'alimentació, vaig desmuntar la protoboard i vaig descobrir que estava creant un curtcircuit per no saber inicialment com funcionava la plaqueta.

4-El muntatge:

Amb totes les parts preparades ja es podia començar el muntatge. Primer de tot vaig unir el sistema amb les espires ja doblegades prèviament, aquestes les vaig subjectar amb cargols i femelles a damunt base, seguidament vaig elevar el projecte amb els tacos metàl·lics que havia aconseguit, els vaig repartir a les vuit cantonades formant punts de 2x2 cm respecte l'extrem de la cantonada, vaig marcar amb un permanent on havia de fer els forats i seguidament amb un trepant vaig foradar el metacrilat per poder collar els tacos. Per últim ho vaig reforçar tot amb petits cargols.

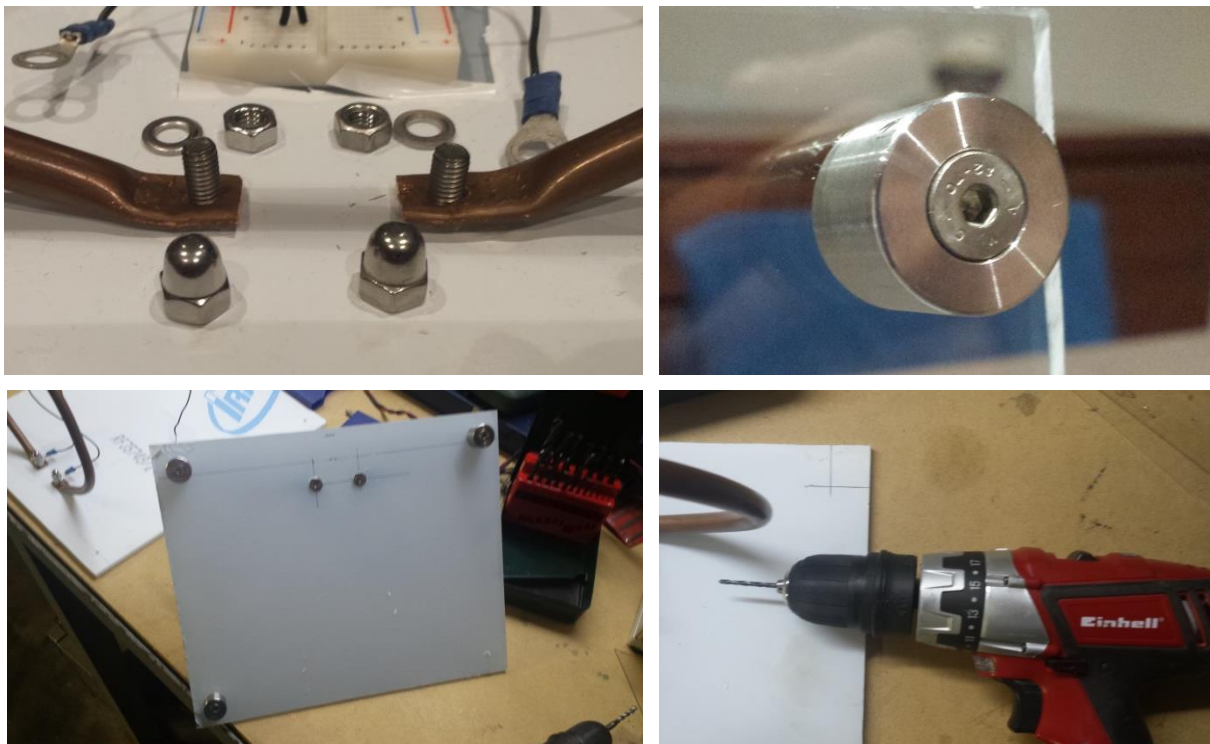


Fig22. Muntatge

Per poder collar la placa protoboard amb la plataforma emissora vaig utilitzar dos forats que servien per tapar la part de darrera de la plaqueta, d'aquesta manera només calia fer dos forats a la plataforma i fer que coincidiscin amb la plaqueta.

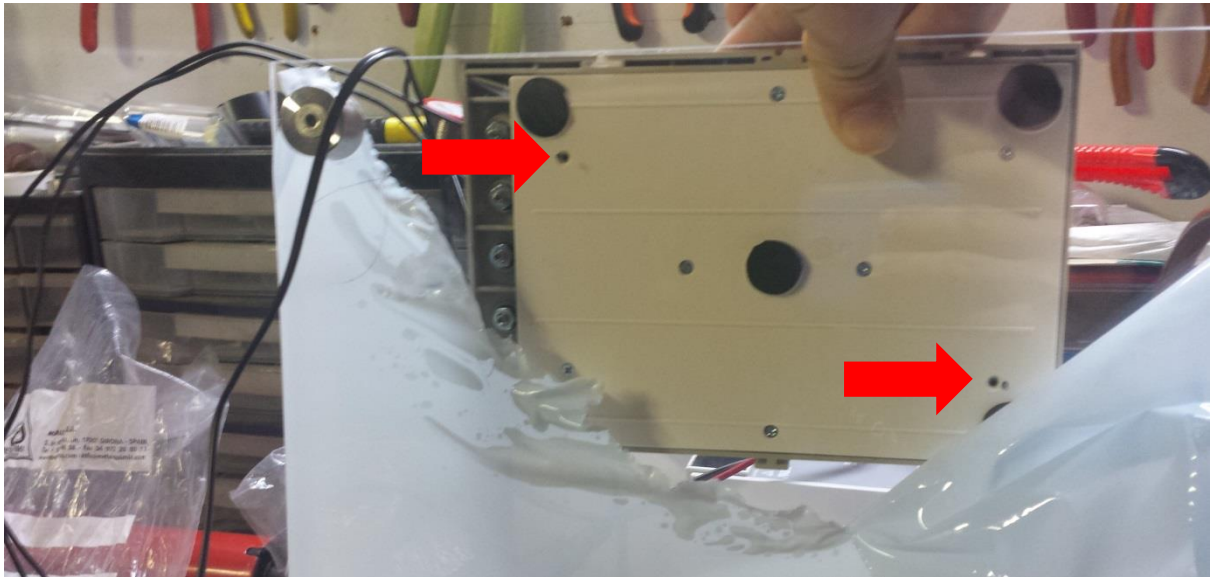


Fig23. Puntetes de les espires

En canvi, la plaqueta del circuit receptor ja portava inclòs un adhesiu bastant fort que només col·locant-la allà on volia aconseguia la fixació. Per últim vaig collar la font d'alimentació amb uns allen i vaig subjectar el motor de 1,5v i el Siemens C72V amb una cinta de doble cara.

6-La instal·lació de la il·luminació:

Inicialment el meu sistema estava format per un díode LED. Aquest treballa amb una tensió d'1,5 a 2,2 V aproximadament i la seva gamma d'intensitats que ha de circular va de 10 a 20 mA en els díodes de color vermell, en canvi els altres LED és entre 20 i 40 mA. Actualment el meu circuit està format per una bombeta que treballa amb una tensió de 12V i dona una potència de 5W, on aquesta està situada just darrera la bobina receptora. La bombeta és molt important en el meu circuit, ja que ajuda a distingir el rendiment del sistema i ens dirà la distància màxima a la que pot arribar l'energia. Per poder-la instal·lar correctament vaig posar el condensador de 22nF en paral·lel amb la bombeta.



Fig24. Bombeta de 6V

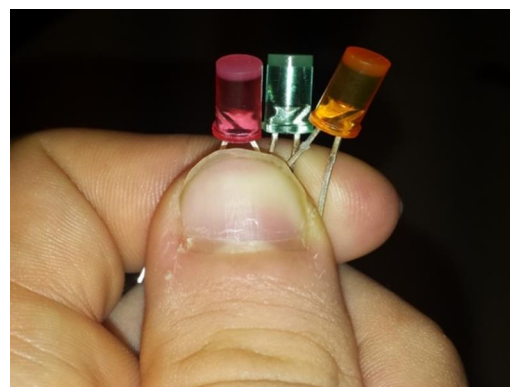


Fig25. Díodes LED

Al principi del projecte, just quan vaig tenir el sistema muntat em va passar una anècdota bastant divertida, em va resultar que la bombeta no s'il·luminava. En un primer moment em vaig espantar, vaig fer diferents proves per veure si podia fer il·luminar la bombeta,. La primera va ser demanar-li ajuda al meu pare per utilitzar la bateria del cotxe, ja que aquesta dona una intensitat de 1000A i així em vaig poder assegurar que no era un problema d'intensitat, al connectar-la vaig poder comprovar que continuava igual. Seguidament vaig agafar el tester i vaig començar a mirar component per component per veure si el curt-circuit inicial que vaig tenir m'havia causat algun desperfecte en els components, vaig comprovar que no. Finalment vaig decidir mirar la bombeta que tenia inicialment, just en veure-la vaig descobrir que tot venia de la bombeta, va resultar que aquesta treballava amb una tensió de 240V i la que aquest circuit necessita és una de 12V.



Fig26. Bombeta de 240V

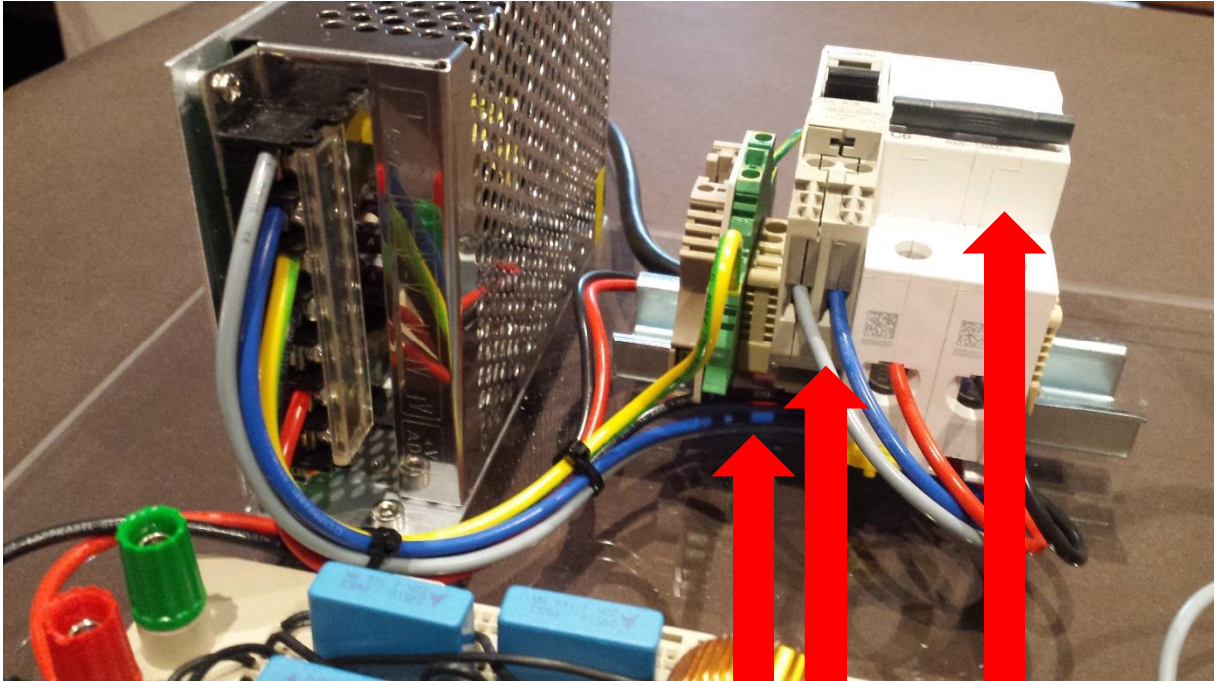
7-L'instal·lació del sistema de protecció:

Perquè el meu treball fos totalment inofensiu al públic vaig utilitzar dos magnetotèrmics i un borne, d'aquesta manera es poden rectificar els errors i paral·lelament protegeixo el circuit davant de qualsevol problema, tot aquest muntatge el vaig fer sobre una guia prèviament collada amb uns allen.

Un magnetotèrmic és un tallacircuit que basa el seu funcionament en dos dels efectes produïts per la circulació del corrent elèctric per un circuit, el magnètic i el tèrmic. El dispositiu consta de dues parts, un electroimant i una làmina bimetàl·lica, les quals estan connectades en sèrie i circula el corrent que va cap a la càrrega. En circular el corrent es crea una força que, mitjançant un dispositiu mecànic tendeix a obrir el contacte, aquest només podrà obrir-lo si la intensitat que circula per la càrrega sobrepassa el límit fixat.

Els meus magnetotèrmics tenen un valor d'intensitat màxima de 6A i 4A, el magnetotèrmic de 6A està protegint la sortida de la font d'alimentació, en canvi el de 4A protegeix l'entrada. El magnetotèrmic amb major valor és el que em permet encendre i apagar el circuit, el de menor valor és l'encarregat de la font d'alimentació.

Els bornes de connexió permeten donar claredat i ordre al quadre elèctric, cosa que garanteix una major seguretat en cas d'errors. En el meu cas, el vaig fer servir per fer la connexió de posta a terra.



EL BORNE

EL MAGNETOTÈRMIC DE 4A

EL MAGNETOTÈRMIC DE 6A

Un cop acabat tot el muntatge, el resultat del projecte va ser aquest:

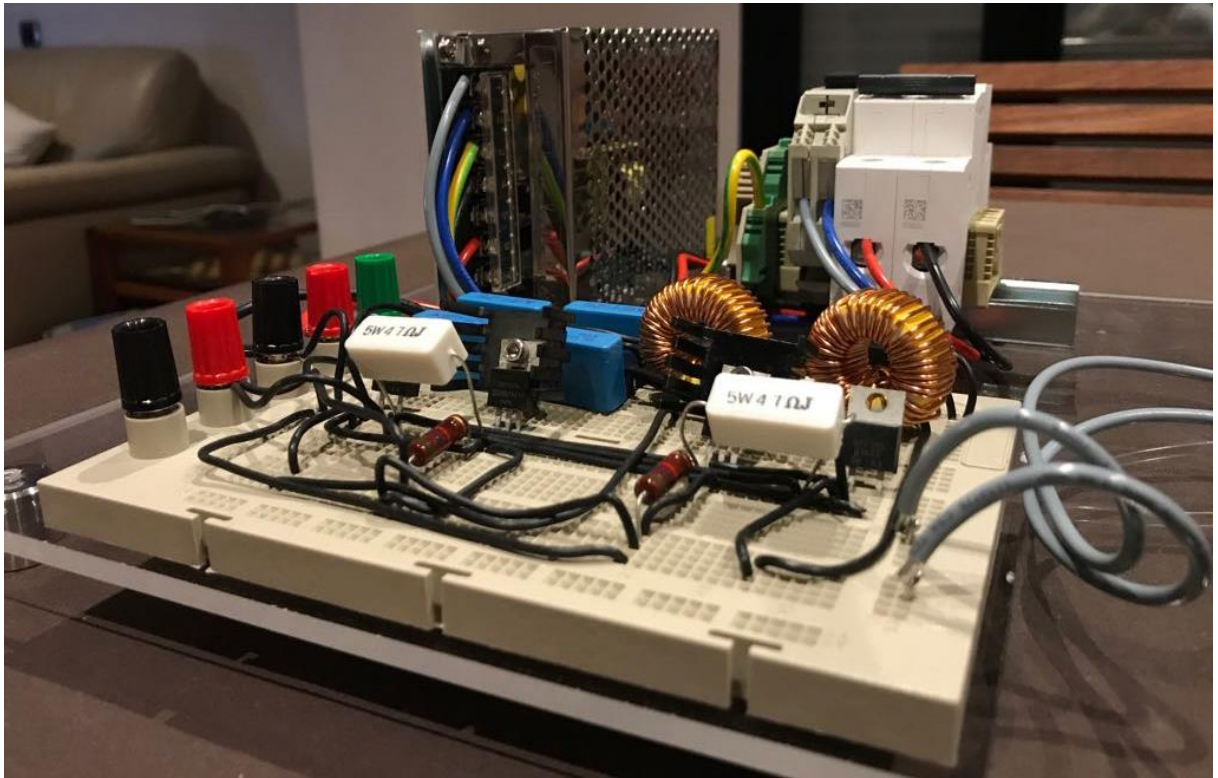


Fig27. Sistema emissor del circuit

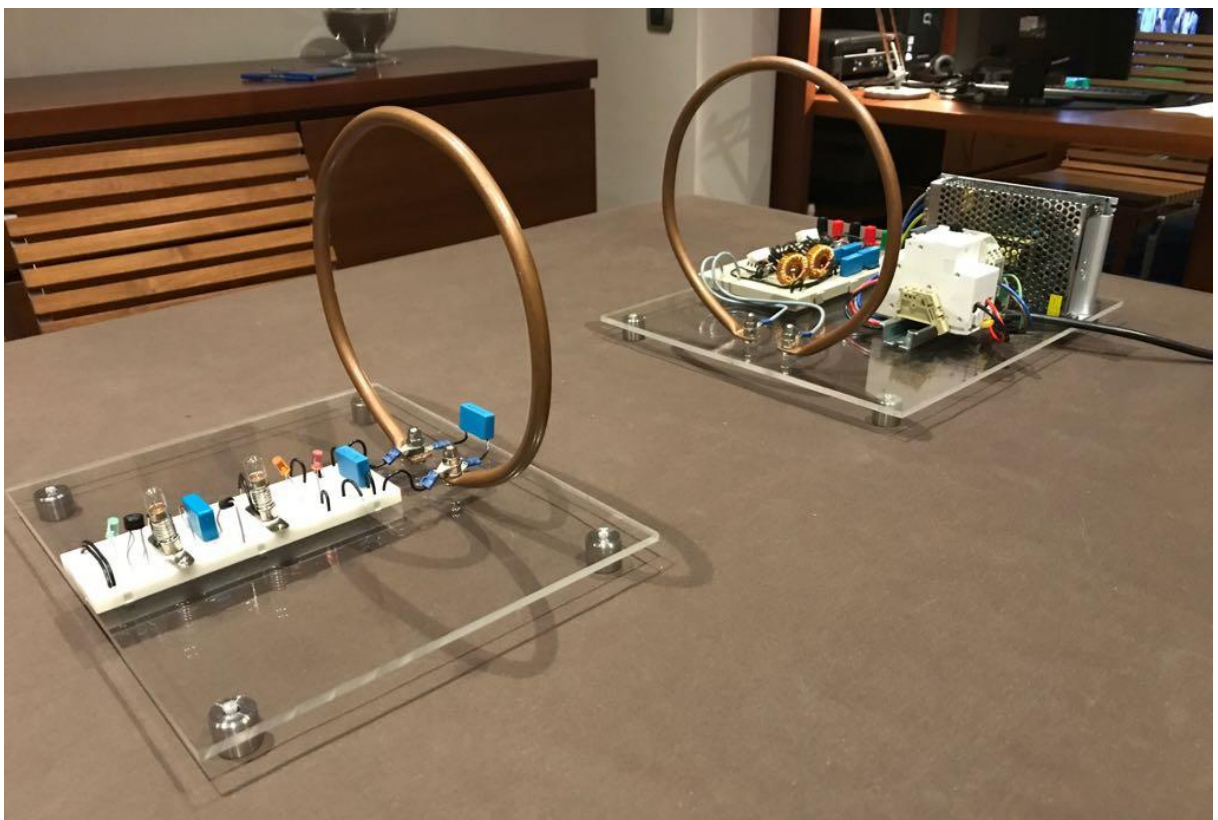


Fig28. Vista de tot el projecte

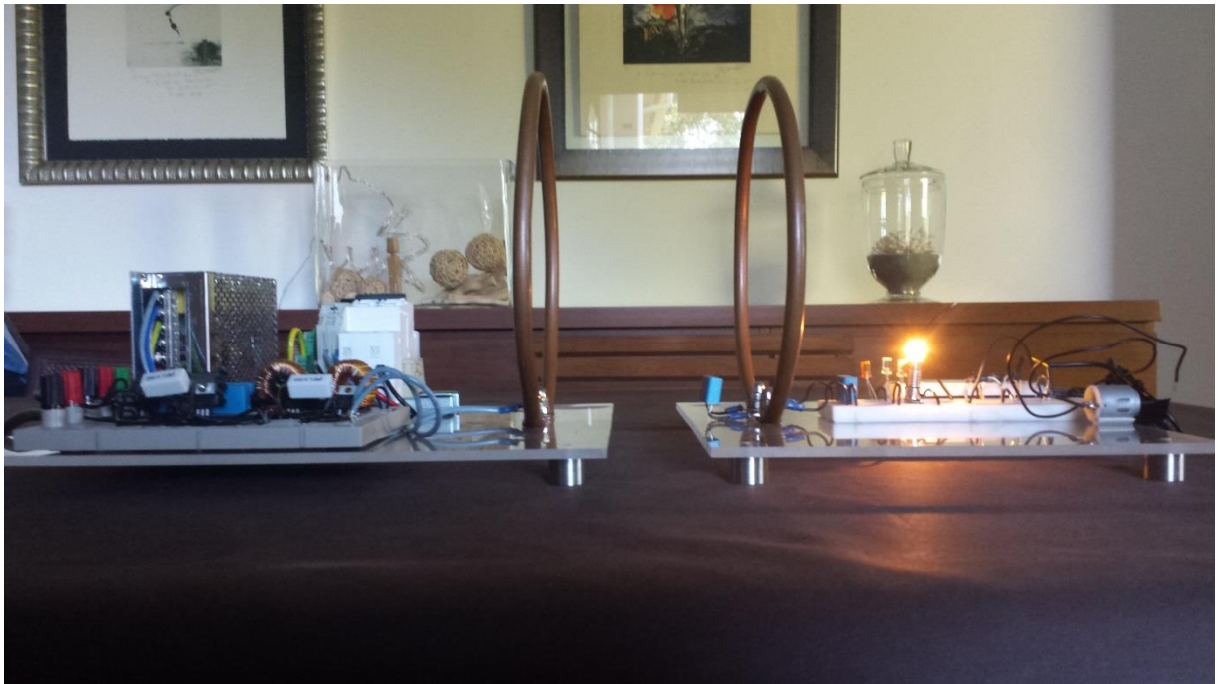


Fig29. Bombeta de 12V en funcionament

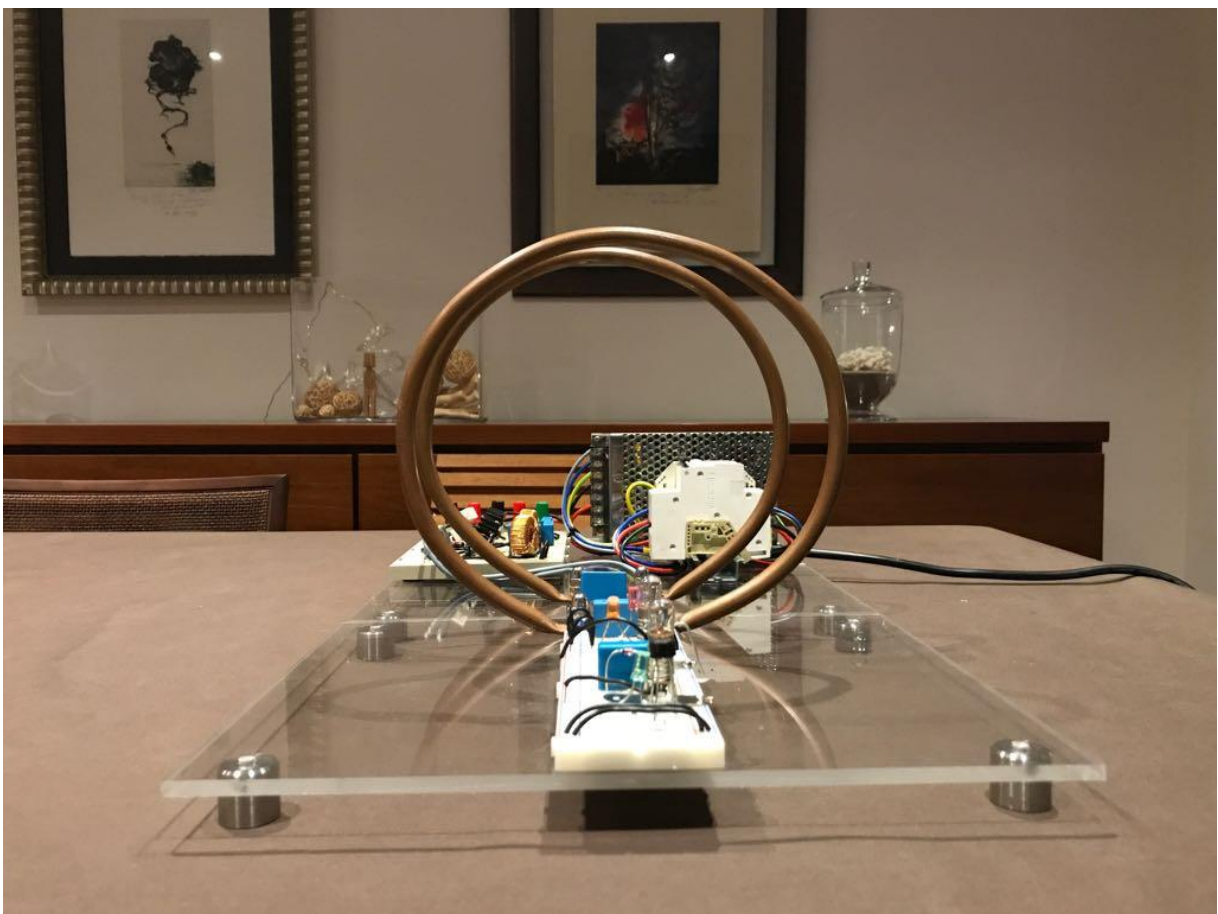
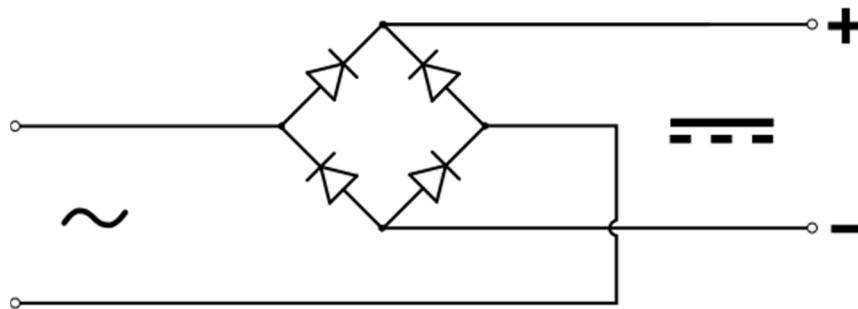


Fig30. Primer pla del sistema receptor

5.6. ACOBLAMENT D'UN MOTOR ELÈCTRIC DE 1,5V I CÀRREGA D'UN MÒBIL

Per finalitzar el projecte, ja que aquest m'havia donat molt bons resultats, vaig decidir fer funcionar un motor de 1,5V que tenia a casa. El primer problema va ser que el circuit receptor treballa amb corrent altern, per tant vaig haver de fer un pont de Graetz. El pont em va permetre transformar-lo en corrent continu. El pont de Graetz me'l vaig haver de fer jo mateix, ja que tots els que venen a les botigues treballen amb freqüències bastant baixes. Per fer-ho, vaig comprar 4 díodes ultraràpids, concretament els MUR410G ultrafast, capaços de treballar amb freqüències altes. Tal com s'ha esmentat anteriorment, el meu projecte treballa amb una freqüència de 0,5003MHz, una freqüència molt alta.



El pont de Graetz consisteix en quatre díodes comuns que alternativament funcionen de dos en dos en mode directe i en mode invers, com mostra l'esquema següent. Com podem observar a la imatge, sempre hi ha dos díodes que permeten el pas del corrent, mentre els altres dos, en estar polaritzats de mode invers, actuen com una porta que impedeix el pas. D'aquesta manera el pont actua com una mena de filtre que el que fa és convertir el corrent altern a continu.

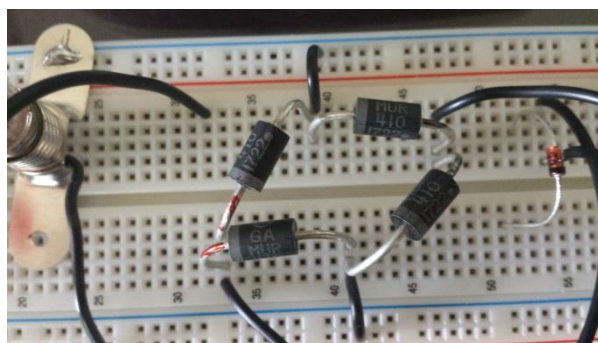
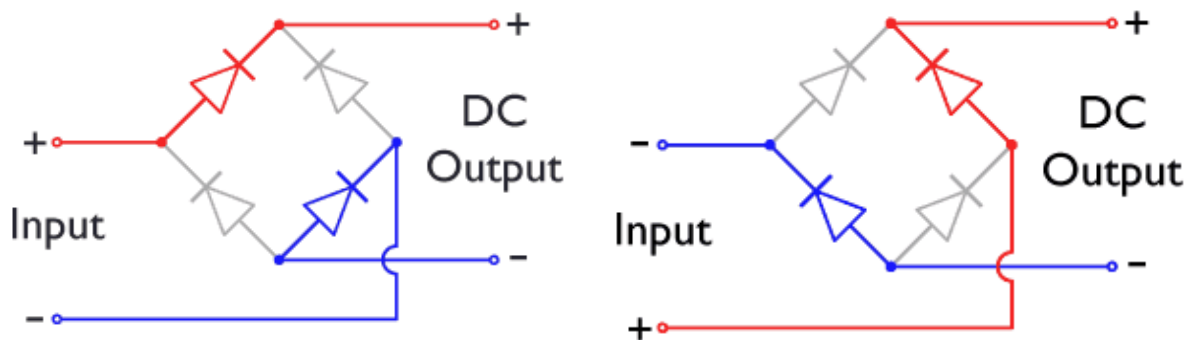


Fig31. El meu pont de Graetz

Un cop instal·lat el pont de Graez, vaig muntar el motor de 1,5 V i després d'unes quantes proves i amb l'ajuda del polímetre, vaig trobar que a una distància de 20cm el meu circuit li dona els 1,5V necessaris per al seu funcionament.

Aquí mostro el resultat, tot i que no es veu molt bé la cinta que he posat al motor, el motor està en funcionament:

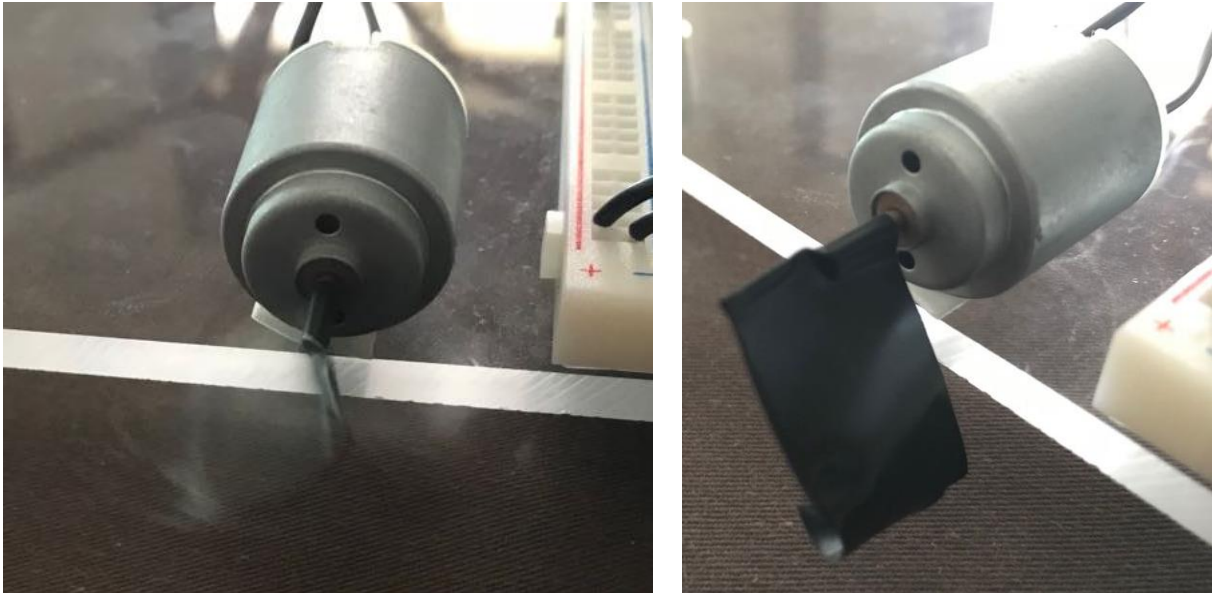


Fig32. El motor de 1,5V en funcionament

Finalment vaig pensar en carregar un mòbil. Inicialment no n'estava molt convençut però com que la prova del motor m'havia sortit tan bé em vaig engrescar. A casa vaig trobar un mòbil vell, un Siemens C72V. Vaig tallar el cable del carregador, vaig mirar quins eren els pols i a la punta de cada cable els vaig soldar un tros de cable rígid. D'aquesta manera podia connectar els cables del carregador amb la placa protoboard.



Fig33. El mòbil

Abans de fer cap prova, vaig mirar el voltatge que el carregador donava al mòbil. Vaig descobrir que li donava 5V com s'aprecia a la foto:



Fig34. Carregador del mòbil

Un cop fetes les proves, els resultats van ser increïbles. El mòbil es va encendre i seguidament va començar a carregar-se. La distància que em va permetre carregar-lo va ser de 30cm ja que aquesta és la distància que el meu circuit li dona els 5V necessaris pel seu funcionament. Ja que el meu circuit no compta amb un díode Zener que limita el voltatge a 5V, he d'anar amb compte de no acostar-lo a menys de 30cm. L'únic inconvenient que he trobat en el meu circuit amb la càrrega del mòbil, és que el carregador li proporciona una intensitat de 420mA, en canvi jo li proporciono 15mA, aquesta dada influeix en la velocitat de càrrega, fent-la més lenta.

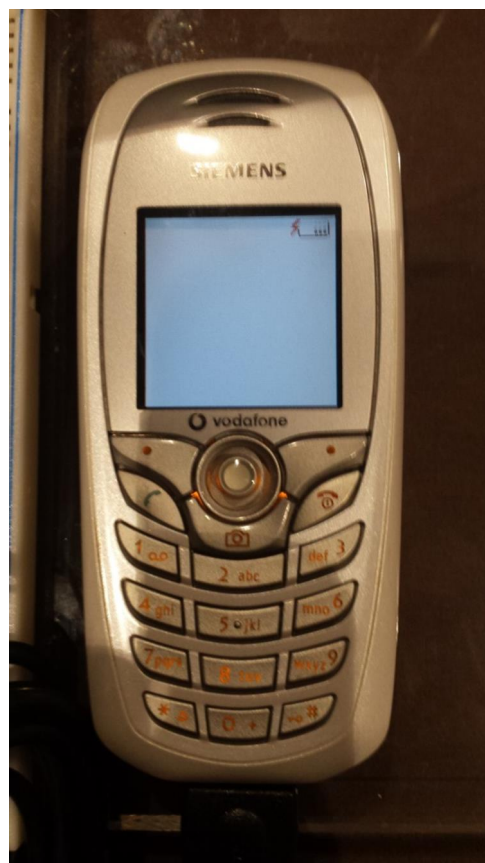


Fig35. El mòbil carregant-se

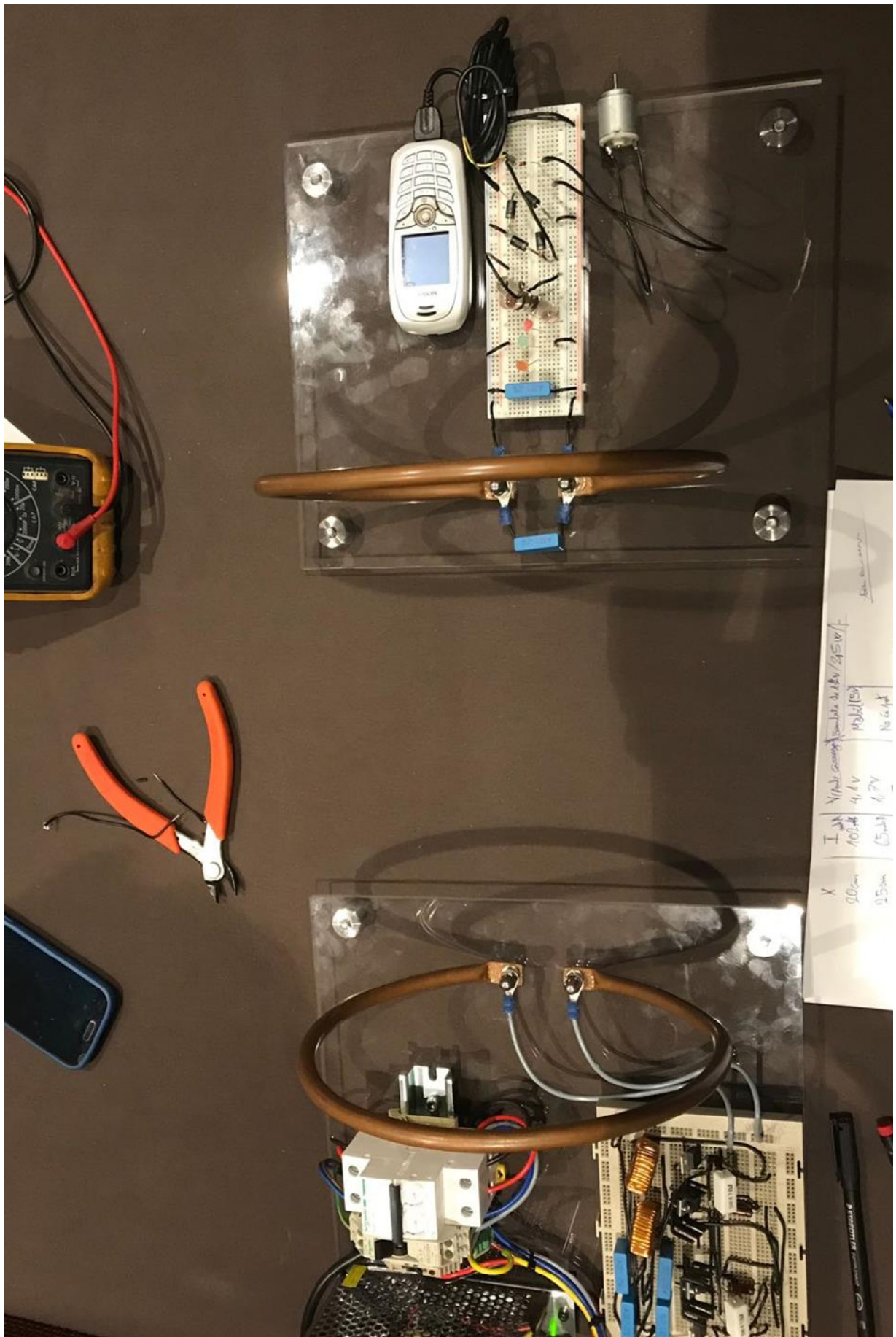


Fig36. Mòbil carregant-se a una distància de 30cm

5.7. RESULTATS OBTINGUTS

Els resultats de la intensitat, el voltatge i la potència obtinguts durant les proves, són els següents:

DISTÀNCIA	INTENSITAT			
	Bombeta de 12v		Motor de 1,5V	Mòbil
	Bobina Emissora	Bobina Receptora		
10 cm	1,16 A	0,182 A	-	-
15 cm	1,01 A	0,149 A	-	-
20 cm	0,87 A	0,102 A	0,15A	-
25 cm	0,76 A	0,065 A	-	-
30 cm	0,74 A	0,042 A	-	0,015A
35 cm	0,76 A	0,027 A	-	-
40 cm	0,69 A	0,016 A	-	-
45 cm	0,71 A	0,010 A	-	-
50 cm	0,68 A	0,006 A	-	-

DISTÀNCIA	VOLTATGE			
	Bombeta de 12v		Motor de 1,5V	Mòbil
	Bobina Emissora	Bobina Receptora		
10 cm	12 V	12 V	-	-
15 cm	12 V	8,7 V	-	-
20 cm	12 V	4,1 V	1,5 V	-
25 cm	12 V	1,7 V	-	-
30 cm	12 V	0,5 V	-	5 V
35 cm	12 V	0,2 V	-	-
40 cm	12 V	0,15 V	-	-
45 cm	12 V	0,074 V	-	-
50 cm	12 V	0,05 V	-	-

DISTÀNCIA	POTÈNCIA			
	Bombeta de 12v		Motor de 1,5V	Mòbil
	Bobina Emissora	Bobina Receptora		
10 cm	13,92 W	2,184 W	-	-
15 cm	12,12 W	1,296 W	-	-
20 cm	10,44 W	0,418 W	0,195 W	-
25 cm	9,16 W	0,111 W	-	-
30 cm	8,88 W	0,021 W	-	0,075 W
35 cm	9,12 W	$5,4 \cdot 10^{-3}$ W	-	-
40 cm	8,28 W	$2,3 \cdot 10^{-3}$ W	-	-
45 cm	8,24 W	$7,5 \cdot 10^{-4}$ W	-	-
50 cm	8,16 W	$3 \cdot 10^{-4}$ W	-	-

5.8. COST DEL PROJECTE

Producte	Unitats	Preu total
Condensador MKP 22K pF 1600V	6	12,96 €
Díode SCHOTTKY BARRIER MBR1645 16A 45V TO-220AC	2	3,12 €
Díode ULTRARÀPID MUR420 4A 200V TO-201	2	2,64 €
Transistor IRF520 MOSFET N 100V 9.2A 60W TO-220	2	3,64 €
Bobina de xoc toroïdal 150uH 5,4A	3	9,36 €
Interrupctor unipolar 2 posicions soldable	1	0,47 €
Metacrilat transparent 30cm X 60cm X 0,5cm de 0,18m ²	1	17,64 €
Placa prototips 175x120mm 1690 contacte REPRO	1	26,87 €
Díode 1N4148	2	0,07 €
Resistència de carboni R02 de 2W	4	0,79 €
Condensador de Polièster 220K 400V	1	1,20 €
Transistor IRF530 PBF	1	0,98 €
Cable rígid de 0,50mm Negre ARISTON BLS 10	1	3,10 €
Tub de coure	1	0 €
Condensadors MKP 6K8 pF 1600V	6	4,26 €
Transistors IRFZ44N MOSFET 55V 49A 110W	9	14,31 €
Font d'alimentació commutada 12V 60W 5A	1	12,42 €
Transistors STP60NF10 Mosfet	2	1,96 €
Díodes STTH3RO2 ultrafast de 200v/3A	2	2,86 €
Díodes SR810 Schottky 100V/8A	2	3,10 €
Resistències de 100 ohms/2W	2	0,53 €
Resistències de 5.6k ohms	2	0,43 €
Resistències de 47 ohms/5W de ceràmica	2	4,96 €
Resistències de 1k ohms	2	0,07 €
Placa protoboard	1	6,86 €
Díodes MUR410G de 4A/100V	10	3€
Motor de 1,5V + Siemens C72V	1+1	0€
TOTAL	69	137,60€

6. UTILITATS QUE PODRIA TENIR L'EXPERIMENT

En el futur, si tot surt segons els plans de WiTricity, els mòbils es carregaran a la butxaca mentre passeges, les televisions brillaran sense cables adherits, i els automòbils elèctrics es recarregaran mentre estiguin aparcats o fins i tot mentre estiguin circulant.

En sorgir aquest tipus de tecnologia, una de les utilitats que va destacar més va ser l'aplicació a la tecnologia mèdica, ja que els dispositius trasplantats sota la pell podrien carregar-se sense ser intrusius. WiTricity actualment està treballant amb una empresa mèdica per recarregar un dispositiu d'assistència del ventricle esquerre, "una bomba per al cor".

Una altra opció que s'ha plantejat es la de construir carreteres amb plaques fotovoltaïques. Bàsicament es tracta de col·locar plaques solars sobre el sòl, aquestes plaques solars fabricades en un cristall tan dur com l'acer són el "quid" de la qüestió. Aquests vidres absorbirien la llum solar per després transmetre-la als vehicles o als senyals de tràfic. L'inconvenient d'aquesta tecnologia és que aquests sistemes són per a curtes distàncies.

Si es volgués, per exemple, transmetre l'energia solar des de l'espai en forma de radiació electromagnètica, després caldria transformar-la a longituds d'ona que no es veiessin afectades per l'atmosfera terrestre. En la transmissió d'energia des de l'espai es farien servir panells solars on la radiació solar és un 35% superior a la terrestre. Aquests panells transformarien l'energia del sol en energia elèctrica, la qual es transformaria en energia de microones de baixa intensitat i seria enviada a la Terra on una antena de rectificació la recolliria i la tornaria a transformar en electricitat.

El 1968 el nord-americà Peter Glaser va introduir el concepte d'energia solar espacial. Va proposar un gran sistema de satèl·lits receptors de la llum del sol en una òrbita geostacionària, situada a 36.000 km de l'equador, la seva conversió i posterior transmissió a grans antenes receptores situades a la Terra. El 1979 van proposar una flota de satèl·lits en òrbita geostacionària, cadascun dels quals mesuraria 5 x 10 km i produiria entre 5 i 10 GW. La construcció implicava la creació d'una gran factoria espacial on treballarien contínuament centenars d'astronautes. A mitjans dels 80, amb el petroli de nou en preus baixos, el programa complet d'energia solar espacial va ser cancel·lat.

El 1999 la NASA va llançar el seu programa exploratori de recerca i tecnologia sobre energia solar espacial, amb els objectius de crear dissenys per a conceptes d'assaig de vol, avaluar la viabilitat d'aquesta tecnologia per a la millora de futures aplicacions terrestres i espacials, i crear un pla preliminar d'acció per als EE. UU.

L'estudi de viabilitat del concepte d'energia solar espacial va concloure que es tracta d'una opció a considerar perquè posseeix avantatges mediambientals molt bons en comparació amb altres

solucions alternatives i les inversions necessàries no representen el cost inimaginable que podria haver-se pensat a priori. El problema principal d'aquestes tecnologies segueix essent l'elevat cost de posar en òrbita el material. També un handicap són les pèrdues energètiques per absorció de l'entorn en forma de calor i per la dispersió al llarg de la trajectòria. Aquesta tecnologia és considerada com la nova eina fonamental per a l'exploració interplanetària.

7. POSSIBLES EFECTES PERJUDICIALS SOBRE LA SALUT

A vegades podem tenir por de les noves tecnologies, però en aquest cas no cal preocupar-se per electrocutar-se, els camps magnètics utilitzats per transferir energia són bastant segurs, de fet, són els mateixos tipus de camps utilitzats en els wifi.

Pere Rius, catedràtic de la UPC que estudia els camps electromagnètics, assegura que no hi ha prou evidències per establir que aquestes ones afecten la salut de les persones. Explica que "la majoria d'estudis s'han fet sobre l'ús de telèfons mòbils perquè els utilitzem molt a prop del nostre cos. El wifi és molt difícil d'estudiar perquè té potències molt petites, i a aquests nivells no tenim cap evidència que ens digui que ens hem de preocupar".

Com ja ens podem imaginar no totes les persones tenen la mateixa resistència elèctrica. En general, segons els estudis els homes tendeixen a tenir una menor resistència que les dones. Els nostres cossos igual que les resistències que s'utilitzen en els circuits electrònics poden variar, per exemple, la resistència del braç d'una persona dependrà de la longitud del braç i del seu diàmetre. Si la longitud és major, la resistència augmenta i baixa amb el diàmetre. Els homes solen tenir els braços i les cames més gruixudes, degut a tenir més múscul, cosa que fa que tinguin una menor resistència.

S'estima que el valor aproximat de la resistència interna humana del cos humà és de 300-1000 ohms segons diversos factors. També s'ha de tenir en compte que en el cos humà, l'os i el greix tenen una major resistència que els nervis i el múscul. La majoria de la resistència corporal es troba a la pell. Variant de persona a persona, la resistència de la pell seca sol ser d'entre 1000 a 100000 ohms. En condicions humides, la resistència del cos cau.

Aquí tenim la fórmula general per calcular la resistència total del nostre cos:

$$R.\text{total} = R.\text{pell (interna)} + R.\text{interna} + R.\text{pell (exterior)}$$

Una qualitat que ens fa destacar, és que el cos humà té una habilitat d'adaptació impressionant, es capaç d'adaptar-se a qualsevol situació. Per exemple, pel cas dels telèfons mòbils actuals. Aquests emeten potents radiacions de microones que estan molt a prop del nostre cervell. Tot i així, el cos humà ja s'ha alterat i adaptat a aquesta tecnologia. Un exemple excel·lent que ens pot ajudar a entendre el nostre cervell humà és el següent: En trobem en una cuina enmig d'una conversa i per exemple hi ha una nevera sorollosa, seguidament gravem la conversa, ens posem a escoltar el registre, i ens adonarem que el registre de la nevera dominarà la conversa. Això ens demostra com el nostre cervell ha estat capaç de funcionar i adaptar-se a les condicions.

Tot i que sembla segur, els efectes de la radiació electromagnètica en els éssers humans no s'acaben de comprendre plenament. En realitat si ens poséssim a investigar, tots els dispositius elèctrics emeten radiacions. Com ja sabem hi ha una preocupació, però no hauríem de subestimar la capacitat del cos per filtrar el soroll electromagnètic. Un factor positiu d'acord amb la tecnologia witrlicity és que l'alimentació de dispositius de baixa potència amb l'electricitat sense fil es veu molt més segura i no té cap efecte en el cos humà. En cas que els dispositius estiguin alimentats amb alta potència sense fils, cal tenir molta cura amb la quantitat de corrent que s'està transmetent perquè així sí que el cos humà es pot veure afectat degut a fuites o radiacions.

8. CONCLUSIONS

Després d'acabar el projecte he pogut arribar a certes conclusions en base als objectius:

Si fem un repàs a la part d'investigació, es podria dir que jo no he inventat res de nou sinó que he pogut demostrar que l'ésser humà podria evolucionar a una escala inimaginable si no fos per gent poderosa com ja va comprovar Nikola Tesla durant el darrer segle. Tot i que moltes de les aplicacions segueixen en desenvolupament, en un futur proper, pot arribar a ser molt beneficiós per a la societat.

La part pràctica, sens dubte ha estat la més complexa i la que més dificultats ha comportat. Ja que m'he hagut d'informar molt bé per entendre el concepte i desenvolupar-lo. Aquestes són les conclusions extretes en relació a la introducció d'aquest treball:

-L'objectiu principal de la part pràctica era fer funcionar un sistema WiTricity. Diria que fins que no vaig veure encendre's la bombeta per primera vegada, em resultava molt difícil de creure, però poc a poc vaig anar aconseguint l'èxit.

-Amb les diferents proves realitzades, he pogut comprovar que el sistema és capaç d'il·luminar un díode led a distàncies bastant bones, d'aproximadament 0,6m. Fins i tot, he pogut carregar el mòbil, cosa que em sembla un èxit molt gran. També he vist que aquest tipus de proves es veuen totalment variades segons la freqüència amb la que treballa, la potència, la intensitat, les resistències, etc. En el futur m'agradaria programar sistemes més complexes i veure les possibilitats que té aquesta nova tecnologia, ja que actualment estic interessat en cursar uns estudis d'enginyeria.

-L'últim objectiu tractava d'aconseguir fer el projecte a un cost assequible. Com s'ha pogut veure construir el meu sistema WiTricity surt a 137,60 euros, més a compte que comprar una demo-pack de l'empresa WiTricity que costa uns 1.000 euros. Tenint en compte totes les utilitats que pot tenir, podria ser una alternativa de baix cost per consum propi actualment, considerant que d'aquí uns anys tot el mercat ja utilitzarà aquesta revolució industrial.

Gràcies a haver construït aquest oscil·lador he comprès el fenomen de la ressonància, el principal motiu pel qual el meu sistema funciona. També, de forma general, he assimilat el funcionament dels oscil·ladors, fet que m'ha permès entendre que les ràdios i el Wi-Fi es basen en un funcionament semblant.

Aquesta pràctica m'ha permès aprendre a usar el polímetre digital per fer les mesures necessàries i aclarir bastants conceptes d'electrònica. He hagut de diferenciar els diferents components i els seus valors. Cada tipus té un codi diferent, els condensadors, per exemple, s'identifiquen amb uns

números i les resistències, amb un codi de colors. És necessari conèixer aquests codis per poder muntar el circuit i col·locar els components al lloc corresponent.

El muntatge de circuits amb placa protoboard m'ha costat una mica, perquè és difícil que un cop muntat, tots els components facin bon contacte amb la placa o no surti cap cable del seu forat. També és difícil veure-hi els errors, perquè quan els components estan inserits dins la placa, a simple vista, sembla que estan col·locats correctament però poden fer mal contacte i impedir el funcionament del circuit.

Aquest treball també m'ha servit per millorar els meus mètodes de recerca tant en llibres com a la xarxa. He après a sintetitzar millor i a destriar en un text el que és més important del que no ho és tant i a copsar-ne la informació necessària. Al principi em costava molt entendre els textos tècnics, per això els havia de llegir diverses vegades i sovint fer-me esquemes. A mesura d'anar-ne llegint i de familiaritzar-me amb el vocabulari electrònic, m'ha estat més fàcil poder comprendre aquest tipus d'articles.

Ha estat difícil en algunes parts, sobretot en la construcció que no va funcionar fins al cap d'uns quants intents, i també en les explicacions tècniques perquè tothom les pugui entendre. Però finalment penso que tot ha sortit com m'esperava o inclús millor del que em podria haver imaginat.

Com a conclusió final puc dir que aquest treball m'ha agradat moltíssim, el tema m'ha interessat i m'ha aportat uns coneixements útils, que segurament no hauria obtingut mai sense haver fet aquest projecte.

Espero que a tothom qui llegeixi aquest document li serveixi, si més no, per conèixer aquest nou mètode de transmissió d'energia tan interessant. Podem dir que si aquesta tecnologia es continua desenvolupant com fins ara ha fet, d'aquí 5 o 10 anys estarem davant d'una revolució tecnològica sense precedents.

9. BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

Bibliografia

- Martin, Thomas. *Faraday i el descobriment de la inducció electromagnètica*. Vic: Eumo, 1991.
- Cid Palacios, Ernesto. *Electromagnetismo básico*. Vigo: Universidade de Vigo, cop. 2002.
- Fernández Salgado, José M^a. *Tecnología de las energías renovables*. Madrid : AMV Ediciones : Mundi-Prensa, 2009.
- Cheney, Margaret. *Nikola Tesla: El genio al que le robaron la luz*. Madrid: Turner, 2010.

Webgrafia

- *Principios básicos de la transmisión inalámbrica de energía y formulas de desarrollo*. Escola Politècnica Superior d'edificació de Barcelona. 2016: 10/08/2017:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13587/PFG%20ANEXO%20DOC%20TECNICA.pdf?sequence=3>
- *Desenvolupen un nou sistema de transmissió d'energia que permetria carregar dispositius mòbils a distància i sense fils*. 10 Maig 2016. Corporació Catalana de Mitjans Audiovisuals, SA: 20/05/2017
<http://www.ccma.cat/324/desenvolupen-un-nou-sistema-de-transmissio-denergia-que-permetria-carregar-dispositius-mobils-a-distancia-i-sense-fils/noticia/2730375/>
- *Inducció electromagnètica*. Lluís Nadal i Balandras. Centre de Documentació i Experimentació de Ciències (CESIRE – CDEC): 20/05/2017
<http://www.raco.cat/index.php/ciencies/article/viewFile/255974/342923>
- *Debat dels efectes de la Wi-Fi sobre la salut: cal treure-la de les escoles?*. Betevé: 17 de gener del 2015 a les 11:52: 06/07/17
<http://beteve.cat/radiacions-electromagnetiques-ones-wifi-telefoniamobil-antenes-routers-barcelona-hipersensibilitat-electromagnetica/>
- *Mis "mejores" inventos - Nikola Tesla*. TESLABLOG: 16/07/17
<http://teslablog.iaa.es/los-inventos>

- *WiTricity: La venganza de Nikola Tesla*. Ariel Palazzesi. 24 juliol de 2009. NeoTeo: 17/07/17
<http://www.neoteo.com/witricity-la-venganza-de-nikola-tesla/>
- *Effects of Wireless Electricity on Human Bodies*. Nikhita Reddy Gade. Sep 10, 2014. Researchgate: 21/07/17.
https://www.researchgate.net/publication/265508931_Effects_of_Wireless_Electricity_on_Human_Bodies
- *Tesla y la electricidad inalámbrica – Parte I: La Witricidad*. TESLABLOG. 2012-07-19: 23/07/17
<http://teslablog.iaa.es/tesla-y-la-witricidad-primera-parte?page=2>
- Fernández, Rafael. *Wireless power transfer via inductive coupling*. Youtube: 14/07/2017:
<https://www.youtube.com/watch?v=t7Elo6ljPN0>