

Mescles de gasos respirables en el submarinisme i disseny i construcció d'un controlador de la quantitat de monòxid de carboni a la càrrega de les ampolles.



Albert Oromí Esteller
2n Bat A
IES Príncep de Viana
Modalitat: Tecnologia
Tutor: Jordi Orts
Curs 2012/2013

Treball de recerca

La imatge que surt a la portada és una fotografia del meu projecte en funcionament.

Índex de continguts

Introducció:	5
Perquè he triat aquest tema?.....	5
Introducció al tema.....	6
1. Limitacions sota l'aigua.....	7
1.1 L'aire de l'ampolla.....	7
1.2 La narcosis.....	8
1.3 El fenomen de la descompressió.....	8
1.4 La solució als problemes.....	9
2. Les diferents mescles de gasos.....	9
2.1 Aire comprimit.....	9
2.1.1 Què és?.....	9
2.1.2 Avantatges, limitacions i aspectes a tenir en compte.....	10
2.1.3 Com carregar-lo a l'ampolla?.....	10
2.1.4 La meua proposta de millora.....	11
2.2 El Nitrox.....	12
2.2.1 Què és?.....	12
2.2.2 Avantatges, limitacions i aspectes a tenir en compte.....	12
2.2.3 Com carregar-lo a l'ampolla?.....	14
2.3 L'Hèlix.....	16
2.3.1 Què és?.....	16
2.3.2 Avantatges, limitacions i aspectes a tenir en compte.....	16
2.3.3 Com carregar-lo a l'ampolla?.....	18
2.4 El Trimix.....	19
2.4.1 Què és?.....	19
2.4.2 Avantatges, limitacions i aspectes a tenir en compte.....	19
2.4.3 Com carregar-lo a l'ampolla?.....	21
3. El Rebreather.....	23
4. La meua contribució: Disseny i construcció d'un controlador que permet evitar excessos de monòxid de carboni a la càrrega d'una ampolla de submarinisme.....	25
Introducció:.....	25
Material que utilitzarem:.....	25

Treball de recerca

AXE117 PICAXE-14M Project Board Kit.....	26
AXE133 Serial OLED.....	29
Connexions electròniques dels components:.....	31
Diagrama de blocs.....	31
Connexions detallades de les plaques.....	32
Placa LED.....	32
Placa Polsadors.....	33
El conjunt: la connexió del controlador.....	34
Planificació de temps i de construcció per al prototip:.....	36
El cost dels materials:.....	41
La programació del xip: Software	43
Diagrama d'estats.....	43
Diagrama de flux.....	45
Programes útils:.....	46
Annex 1: Els inicis i l'equip bàsic:.....	49
1. Com comença tot?	49
1.2. Com és l'equip actual?.....	51
Annex 2:	54
2.1 Conceptes teòrics.....	54
Flotabilitat neutre:	54
Pressió parcial d'un gas:	54
Busseig tècnic:	55
2.2 Altes gasos importants.....	55
L'oxigen pur:.....	55
Conclusions.....	56
Agraïments:.....	57
Bibliografia.....	58

Introducció:

Perquè he triat aquest tema?

El submarinisme ha sigut una de les meves passions des de que era un nen petit. El món submarí amaga moltes coses, i a mesura que vas fent immersions, te n'adones de la seva immensitat. Però per arribar fins a aquest punt, han calgut moltes investigacions i millores de l'equip. Cada cop es pot arribar fins a una major profunditat, es pot estar més estona sota l'aigua... Això és possible gràcies a les noves mesclades de gasos de les ampolles, que permeten realitzar un busseig segur, menys cansat... En definitiva, cada tipus de gas permet al submarinista dur a terme una situació concreta de la millor forma possible. Aquest món dels gasos em sembla molt interessant, i vaig decidir ampliar els meus coneixements buscant informació sobre els inicis del submarinisme, la situació actual... però sobretot vaig voler centrar-me en aquest món dels gasos, i explicar a fons la seva preparació, la seva utilitat... A més, com a treball pràctic vam decidir de fer un controlador de presència de CO₂, per tal de verificar la puresa dels gasos i permetre al submarinista saber que dins de la seva ampolla no hi ha una alta concentració de monòxid de carboni, un gas que és letal, però sota l'aigua encara es torna més perillós perquè amb poca quantitat ja té efecte important.

A més de tot el que he dit, m'agradaria fer veure a la gent més coses sobre el submarinisme ja que és un món poc conegut. Moltes de les coses tractades en aquest treball seran totalment desconegudes per a la majoria de les persones, i per això no em vull centrar només en el tema dels gasos, sinó també vull que sigui un treball que mostri els altres aspectes més bàsics del busseig, començant per la seva iniciació, la preparació de l'equip... És a dir, un treball que no només informi d'un aspecte en concret, sinó que també informi d'altres aspectes bàsics per entendre mínimament que és el submarinisme.

Treball de recerca

Introducció al tema

Bàsicament el treball està dividit en tres parts: una part que parla de les mescles respirables més utilitzades al submarinisme, una altra que ens informa dels seus inicis, conceptes més bàsics... i una tercera part que mostra i explica com construir un controlador de monòxid de carboni.

Els objectius que m'agradaria complir són:

- Saber més sobre les mescles respirables.
- Conèixer el sistema més avançat de l'actualitat: El Rebreather.
- Poder explicar aquests conceptes d'una forma clara i entenedora per fer veure a la gent aquest món tan poc conegut.
- Poder acabar aquest treball de la millor forma possible, ja que mai he realitzat una tasca tan llarga i complexa.

Pel que fa el treball:

- Fer una memòria ben realitzada i precisa.
- Aprendre més sobre l'electrònica i la programació de xips.
- Obtenir un resultat material (Prototip) del controlador de monòxid de carboni i que funcioni.

Primer de tot trobareu els riscos que suposa el submarinisme, i a continuació es desenvoluparà tot un tram de temes i explicacions sobre les solucions a aquests problemes. Després, s'introduirà el Rebreather, que és l'equip més avançat que existeix actualment. Als annexos podreu trobar informació sobre els inicis d'aquesta pràctica, alguns conceptes bàsics... I finalment, trobareu la memòria del meu projecte: el disseny i construcció d'un controlador de monòxid de carboni. Per entendre la seva funció i utilitat, cal anar pas per pas, i aprendre els conceptes bàsics d'aquest món, i els perills que amaga.

Comencem doncs, per els perills i limitacions que existixen sota l'aigua.

1. Limitacions sota l'aigua

1.1 L'aire de l'ampolla

Sembla que el submarinisme sigui una pràctica sense fi. La gent que no està habituada a aquesta pràctica, no veu realment les limitacions que suposa l'aire que disposem. Com diu la llei dels gasos ideals¹, per una mateixa quantitat de partícules, un gas que es troba a una pressió menor ocuparà més volum que un gas que es troba a una pressió major, per tant un litre d'aire a una pressió baixa estarà format per menys partícules que un litre d'aire a pressió alta. Això mateix és el que passa al submarinisme. Les ampolles estan carregades amb una certa quantitat d'aire. Quan respirem, omplim els pulmons amb 1-2 litres d'aire. A poca profunditat el gas no està massa pressió i per tant la quantitat d'aire que respirem és relativament poca. A mesura que anem guanyant profunditat, la pressió a la qual estem sotmesos també augmenta (a relació d'una atmosfera² cada 10 metres), i per tant la pressió del gas també ho fa. Això provoca que per omplir els pulmons amb 1-2 litres d'aire, necessitem més quantitat que a poca profunditat. A grans profunditats, la quantitat d'aire que hi ha a l'ampolla disminueix molt ràpidament, ja que la pressió és força elevada.

Per entendre-ho millor, aquesta taula mostra el que passa:

Profunditat	pressió	Volum	Densitat
0 m	1 Atm	1	1
10 m	2 Atm	1/2	2
50 m	6 Atm	1/6	6

Taula 1: Variació del volum i densitat d'una mateixa quantitat de gas en situacions diferents.

Aquest fet no suposa un problema a pocs metres, però cal tenir en compte que a grans profunditats aquest augment de consum és considerable, i sempre cal reservar aire suficient per poder tornar i fer la descompressió³ si és necessari. Per aquest motiu, cal planificar molt bé la immersió que es vol realitzar per evitar problemes relacionats amb la falta d'aire, ja que per seguretat de l'ampolla sempre s'intenta deixar una mica d'aire per

1 Llei dels gasos ideals: $pV=NRT$

2 Atmosfera : unitat de pressió equivalent a 101300 Pascals.

3 Descompressió: Veure a l'apartat 1.3

Treball de recerca

evitar que es faci malbé.

1.2 La narcosis

La narcosis és una alteració fisiològica que causa mareig, al·lucinacions i fins i tot la pèrdua del coneixement. Aquest fenomen apareix a partir dels 20 o 30 metres de profunditat. És causat per una concentració elevada de nitrogen al teixit nerviós, també pot succeir amb altres gasos com el xenó, l'hidrogen... però és molt menys comú. Aquesta concentració elevada genera un desordre en el sistema de control que causa problemes al bussejador, ja que no és totalment conscient del que fa. És un greu problema ja que sota l'aigua qualsevol error pot ser letal. Si es perd la consciència, es molt fàcil deixar anar el regulador de la boca i ofegar-se.

1.3 El fenomen de la descompressió

El fenomen de la descompressió, també conegut com embòlia gasosa, és un dels fenòmens més perillosos del submarinisme. A profunditats elevades, el nitrogen⁴ que hi ha dins de l'aire de l'ampolla té més facilitat per entrar a la via sanguínia del cos del submarinista i arribar a diversos teixits. Un cop ja és a dins, es formen petites bombolles que circulen per tot el cos. Com és d'esperar, la quantitat de nitrogen que passa a la sang augmenta contra més temps s'estigui sota l'aigua. Quan es vol ascendir a la superfície, la pressió comença a disminuir ja que es perd profunditat. Al disminuir la pressió, els gasos tendeixen a expandir-se, i les bombolles de nitrogen de la sang es fan més grans, arribant a fer un tap a les vies sanguínies o inflamar els teixits. Aquest fet provoca paràlisis a certes parts del cos, lesions permanents per falta de reg sanguini i fins i tot la mort.

Per evitar-ho, antigament s'utilitzaven les taules de descompressió que t'indicaven el temps màxim que podies estar a una profunditat determinada sense corre cap risc. Actualment, s'ha millorat molt el sistema. Ara, el submarinista pot portar un ordinador de mà, que calcula el temps que es pot estar a una certa profunditat sense córrer cap risc de forma automàtica i precisa. Però això no és tot. Si es sobrepassa el límit, s'ha d'esperar a una certa profunditat el temps que indiqui l'ordinador per eliminar el màxim de nitrogen

⁴ El nitrogen és el principal causant del fenomen de la descompressió ja que a part de ser un gas força volàtil, constitueix més del 70% de l'aire comprimit de l'ampolla i per tant s'absorbeix en grans quantitats.

Treball de recerca

possible abans de sortir fora de l'aigua. Tot i que l'ordinador no indiqui que cal fer descompressió, sempre es fa una parada de seguretat a 3 metres durant 3 o 5 minuts, depenent de la profunditat assolida per tal d'assegurar-nos que eliminem nitrogen del cos i no correm cap risc.

1.4 La solució als problemes

Com hem vist, els tres problemes anteriors estaven causats principalment per una alta concentració dels gasos que respirem dins del nostre cos. Si variem la composició de la mescla, es poden evitar aquests problemes. Cal tenir en compte que no existeix una mescla ideal que serveixi per tot. Segons la situació, caldrà utilitzar un tipus de mescla o un altre.

2. Les diferents mescles de gasos

Com hem vist a l'apartat anterior, les mescles poden ser la solució per a molts problemes, però també en poden causar de nous. Les mescles més utilitzades són: L'aire comprimit, el Nitrox, el Trimix i l'Heliox.

2.1 Aire comprimit

L'aire comprimit està considerat mundialment com la mescla més utilitzada al busseig convencional. Tot seguit podem veure perquè tot i ser tan senzill, és tan utilitzat arreu del món.

2.1.1 Què és?

L'aire comprimit és la composició més comuna de totes. Tot i ser molt bàsic, és un dels més utilitzats. La seva composició és la mateixa que la de l'aire que respirem. S'ha d'intentar però, que sigui el més pur possible per evitar problemes sota l'aigua. Està compost per: 78% de nitrogen, 21% d'oxigen i l'1% restant està compost per vapor d'aigua i molts altres gasos en concentracions mínimes. És el gas que més s'utilitza ja que és el més abundant, el més barat i el que porta més temps utilitzant-se.

Aquesta mescla mai va ser descoberta, ja que ja existia. (Veure els inicis del submarinisme a l'annex 1)

2.1.2 Avantatges, limitacions i aspectes a tenir en compte

L'aire convencional és més abundant a la terra. Per preparar la mescla no cal fer res, simplement verificar la seva puresa. És una mescla molt útil ja que es pot utilitzar per a un rang molt ampli de profunditats. L'equip que cal utilitzar és l'equip bàsic (veure a Annex 1).

A més, la titulació que cal tenir per poder bussejar amb aire convencional és la més baixa de totes. Fent només el primer curs, ja pots bussejar amb aquest tipus de gas.

Per altra banda, cal tenir en compte que l'aire convencional pot produir narcosis ja que té una quantitat molt elevada de nitrogen a la seva composició. Però això no és tot, ja que el nitrogen també és el causant del fenomen de la descompressió, i a profunditats elevades és molt fàcil sobrepassar el límit de nitrogen que el nostre cos pot suportar. Per això cal fer un descens pausat, per etapes per tal d'eliminar el màxim de nitrogen possible pel camí, i si cal, s'ha de fer una aturada per eliminar la resta de nitrogen perjudicial per al nostre cos.

2.1.3 Com carregar-lo a l'ampolla?

El sistema de càrrega de les ampolles amb aire convencional és el més utilitzat arreu del món. Per fer-ho, cal utilitzar un compressor, tant pot ser de benzina com elèctric. El sistema de càrrega s'ha de fer amb molta cura. Els compressors treballen amb pressions molt elevades i és fàcil cometre errors.

Primer de tot, cal comprovar que totes les juntes tòriques estiguin en un bon estat, per evitar fuites d'aire. El compressor ha d'estar situat en un espai on pugui agafar aire en bon estat ja que és el que en un futur respirarà el submarinista.

Per carregar l'ampolla, cal seguir els passos següents:

Primer de tot, cal comprovar la pressió interna de l'ampolla ja que abans de que s'obri el circuit que la connecta amb el compressor per carregar-la, caldrà igualar les pressions per evitar que el compressor s'espatlli per culpa d'un cop de pressió⁵.

Un cop les pressions ja s'han igualat, es pot obrir el circuit (és a dir: la clau que obra o tanca l'ampolla de submarinisme). Un cop ja està tot en funcionament, cal esperar que l'ampolla s'ompli fins a la pressió que nosaltres desitgem (no es mesura els litres d'aire

⁵ Cop de pressió: Cop produït per diferència de pressions. A major diferència, major serà el cop.

Treball de recerca

que hi han sinó la pressió interna de l'ampolla, i amb un simple càlcul, multiplicant els litres de l'ampolla per la pressió, podem saber els litres d'aire que hem introduït). El compressor durant el temps que carrega l'ampolla, va eliminant la humitat de l'aire i l'emmagatzema en el condensador. Aquest condensador té una certa capacitat, que cal anar buidant per evitat que s'ompli del tot i el compressor no pugui retirar més humitat de l'aire. Aquest procés d'eliminació dels fluïts del compressor s'anomena purga.

Quan l'ampolla ja ha arribat a la pressió desitjada, cal tancar la clau de pas d'aquesta, i acte seguit cal tancar el compressor. Si és fa de l'altre manera, perdríem aire de l'ampolla.

S'aconsella que l'ampolla estigui en un lloc fred, com per exemple en un cubell amb aigua quan es carrega ja que al comprimir l'aire, augmentem la seva energia cinètica i per tant es produeix un escalfament de l'ampolla. La pressió de l'ampolla sol variar respecte la que té tot just al acabar d'omplir-la. Aquest fet s'explica ja que a major temperatura, major volum i pressió té el gas, però quan es refreda, disminueix el volum i al mateix temps també ho fa la seva energia cinètica i la pressió interna.

2.1.4 La meva proposta de millora⁶

Com que la càrrega de l'ampolla és un dels apartats que cal tractar amb més cura, vaig decidir crear un aparell que ens permeti realitzar aquesta tasca de forma més segura. He fet un controlador automàtic per evitar que es carregui un excés de monòxid de carboni a l'ampolla de submarinisme. El CO es troba a l'aire en quantitats molt petites que no són perjudicials per a les persones. El problema és que si sobrepassa una mica el límit, sota l'aigua els efectes es multipliquen perquè la seva pressió parcial⁷ augmenta i invadeix els teixits i la sang amb més facilitat. El sensor que he fet permet controlar el compressor i una electrovàlvula, per tal d'aturar el sistema de càrrega si el nivell de CO és superior al nivell normal. En definitiva, aquest sensor controla que no hi hagi excés de CO en una càrrega d'aire convencional amb un compressor elèctric.

⁶ Desenvolupament del projecte a l'Annex 3: Disseny del controlador de CO.

⁷ Pressió parcial: Veure l'annex 2: Conceptes teòrics.

2.2 El Nitrox

Després d'haver vist l'aire comprimit, que és el més senzill de tots, la cosa es comença a complicar. Tot seguit veurem una altra mescla molt utilitzada en el submarinisme convencional.

2.2.1 Què és?

El Nitrox (o aire enriquit amb oxigen), com diu el seu nom, és una mescla de nitrogen i oxigen. Aquesta mescla ha de contenir un percentatge major d'oxigen que l'aire, és a dir, més d'un 21% d'oxigen en la seva composició, per tant és una mescla hiperòxica. Hi ha molts tipus de mescla Nitrox, ja que la seva composició pot variar de moltes formes, però té uns màxims i uns mínims que cal respectar.

2.2.2 Avantatges, limitacions i aspectes a tenir en compte

El Nitrox, com ja hem vist, té un percentatge d'oxigen major que l'aire. Al augmentar l'oxigen de la mescla, es perd nitrogen. Com sabem, el nitrogen és el causant de la narcosis i del fenomen de la descompressió, i mitjançant el Nitrox reduïm aquests efectes ja que la quantitat de nitrogen que hi ha a la mescla és menor. Amb aquesta mescla, es pot estar més temps a una certa profunditat sense corre cap risc que si s'utilitzés aire comprimit. A més, el submarinista es troba menys cansat ja que la mescla té més oxigen que l'aire, i com sabem, l'oxigen és el nostre combustible per obtenir energia. Pel que fa a la narcosis, tot i haver menys nitrogen a la mescla, segueix existint igual, ja que hi han estudis que diuen que l'oxigen és casi igual de narcòtic que el nitrogen, i per tant si substituïm l'un per l'altre, no guanyem res.

De moment, el Nitrox sembla la mescla perfecta, però això no acaba aquí. L'oxigen és l'element encarregat de generar la oxidació. El nostre cos està preparat per suportar una certa quantitat d'oxigen, que es mesura segons la seva pressió parcial. Una mescla enriquida amb oxigen mai podrà superar una pressió parcial d'1,6 atmosferes, ja que és la quantitat màxima que el nostre cos pot suportar. Si la supera, l'oxigen es torna tòxic i passa a afectar al nostre sistema nerviós central (SNC) i moltes altres parts del cos. Aquesta intoxicació pot provocar lesions permanents i fins i tot la mort.

La pressió parcial d'un gas es calcula multiplicant la quantitat de la mescla que forma (en

Treball de recerca

percentatge: de 0 a 1, tenint que 1 és el 100%) per la pressió a la qual està sotmès (en Atmosferes o Bars). Per tant, l'oxigen de l'aire a la superfície és un 21% de la mescla (0,21) i està sotmès a una pressió d'una atmosfera, per tant la seva pressió parcial és de 0,21 atmosferes. No ens afecta gents al SNC.

El problema bé quan el submarinista comença a guanyar profunditat. La pressió a la qual està sotmès l'oxigen de l'ampolla ja no és d'una atmosfera, sinó que és força superior (tot depèn de la profunditat). Si no es vigila, la pressió parcial de l'oxigen pot ser superior a 1,6 atmosferes i per tant pot passar a ser tòxic. Com que el Nitrox té un percentatge major d'oxigen que l'aire, és més fàcil superar el límit. Normalment el Nitrox conté un percentatge d'oxigen que varia des del 30% fins al 50%. Els percentatges convencionals d'oxigen són: 32%, 36%, 40% i 50%. Per saber quin percentatge d'oxigen hi ha a l'ampolla, s'utilitzen les sigles EAN⁸ i tot seguit el numero del percentatge d'aire: si tenim una mescla Nitrox formada per un 36% d'oxigen, vol dir que tenim un EAN 36.

El principal problema del Nitrox és que està limitat per la profunditat. Els càlculs de profunditat màxima solen estar realitzats per no superar una pressió parcial d'1,3 atmosferes ja que cal tenir sempre un cert marge de seguretat, tot i que es pot treballar perfectament amb un límit de pressió parcial a 1,4 atmosferes, ja que seguim tenint un marge de 0,2. El que no es pot fer mai, és planejar una immersió tenint en compte la profunditat màxima per a la pressió parcial d'1,6 atmosferes, ja que es molt fàcil cometre algun error i superar-la.

Taula de profunditats:

% oxigen	Prof. Màx. per: PP=1,3	Prof. Màx. per: PP=1,6
0,21 (21%)	51,9 metres	66,2 metres
0,36 (36%)	26,1 metres	34,4 metres
0,4 (40%)	22,5 metres	30 metres
0,5 (50%)	16 metres	22 metres

Taula 2: Profunditats màximes per a mesclades Nitrox de EAN diferent.

PP= pressió parcial

Prof. Màx.= profunditat màxima.

Com podem veure a la taula, hi ha molta variació entre l'aire convencional i un EAN 50. Aquest fet és el que hem de tenir en compte alhora de planificar d'immersió.

8: EAN: vol dir *enriched air nitrox* que traduït seria: Aire enriquit Nitrox.

Treball de recerca

Els EAN més elevats que hi han solen ser de EAN 50, ja que l'oxigen és molt inflamable i la seva càrrega és molt perillosa ja que a pressions elevades, les temperatures són altres i el procés que cal realitzar és força car. A més, són mesclades que es poden respirar a molt poca profunditat i no solen ser útils.

Com a resum, el Nitrox és una mescla que ens ajuda a reduir la narcosis i a augmentar el temps que podem estar a una certa profunditat sense que el nostre cos rebi grans acumulacions de nitrogen, i a sentir-nos amb més força. D'altra banda, ens limita la profunditat que podem assolir ja que té un nivell d'oxigen elevat. A més, cal comprovar amb un sensor quin tipus d'EAN és ja que no et pots fiar només del que indica l'etiqueta, perquè si realment portes un EAN major del que creus i calcules la profunditat per a un EAN menor, estaràs exposat a pressions d'oxigen majors d'1,6 atmosferes.

2.2.3 Com carregar-lo a l'ampolla?

Per carregar el Nitrox a l'ampolla no es pot utilitzar un compressor comú. Per fer-ho, es necessita un compressor especial que pugui modificar el percentatge d'oxigen que carrega a l'ampolla per tal de poder crear la mescla desitjada. També es pot omplir l'ampolla per transvasament.

Les quatre formes que més s'utilitzen són: la barreja continua, la separació, barreja per pes i finalment barreja per pressions parcials.



Fig1: Càrrega Nitrox de barreja continua. [NT_2013]

La barreja continua és la forma més desenvolupada tecnològicament per fer-ho. Aquest mètode es basa en introduir els gasos en un tanc, fer la barreja i a continuació comprimir el gas resultant per poder transferir-lo a l'ampolla de submarinisme. El problema és que cal un equip molt car ja que ha de tenir un bon sensor d'oxigen, unes vàlvules molt precises, un equip especial de barreja dels gasos i finalment un compressor d'oxigen per comprimir la mescla final, que pot tenir un percentatge elevat d'aquest gas que és altament inflamable.

La càrrega per separació es basa en eliminar nitrogen de la mescla a mesura que es carrega l'ampolla per tal de reduir el percentatge de nitrogen i aconseguir que hi hagi un percentatge major d'oxigen. El separador és l'aparell encarregat de realitzar aquest procés

Treball de recerca

i crear la barreja de Nitrox desitjada. Cal dir que és un aparell força car ja que necessita un compressor especial sense oli per poder treballar amb l'oxigen sense problemes.

La barreja per pes és una barreja que es fa sense utilitzar la pressió. L'aparell encarregat de fer la barreja pesa els components amb una gran exactitud per tal de fer una barreja exacta a la que se li indica. Cal que les balances de l'aparell siguin molt precises i això encareix molt el preu. Aquest aparell però, és el més exacte de tots ja que si les balances són les que corresponen, la mescla serà perfecta i els errors causats per culpa de la pressió i l'augment de temperatura no hi seran presents ja que la mescla es fa tenint en compte el pes i per tant no cal sotmetre-la a altes pressions.

La barreja per pressions parcials és el mètode més senzill de tots. Aquest fet fa que pugui ser utilitzat tranquil·lament a casa. Per fer la barreja, simplement es necessita una ampolla l'oxigen pur (per tal d'incrementar el percentatge de l'aire normal), aire convencional i una bona mànega de transvasament. Primer s'introdueix una mica d'aire dins de l'ampolla que es vol omplir amb la mescla, després s'introdueix oxigen pur, que quedarà diluït a l'aire inicial per tal de fer més segura la mescla. I finalment s'acabarà d'omplir l'ampolla amb aire convencional. Com es treballa amb pressions, es pot calcular prèviament la quantitat d'oxigen pur que s'ha introduir per obtenir el resultat desitjat. Cal tenir en compte que el 21% de l'aire que introduïm serà oxigen, i caldrà sumar la quantitat a l'oxigen pur. Per entendre-ho millor: si volem un EAN 36, a una pressió de 100 atmosferes, caldrà que 36 siguin oxigen i 74 nitrogen. De les 36 atmosferes d'oxigen, una part serà de l'aire convencional, i per tant alhora de fer els càlculs ho haurem de tenir en compte.

2.3 L'Hèlix

A partir d'aquest instant, comença una nova etapa: El busseig tècnic⁹. Les mescles de gasos que veurem a continuació són les que s'utilitzen en aquesta modalitat. Són molt més complexes i difícils d'utilitzar. Per poder bussejar amb elles, cal una titulació especial i alguna modificació a l'equip.

2.3.1 Què és?

L'Hèlix és una mescla formada per heli i oxigen. Té diverses aplicacions, però majoritàriament s'utilitza al busseig tècnic. L'heli és un gas molt car, i fa que aquesta mescla també ho sigui, per això només s'utilitza per a tasques molt específiques a gran profunditat o incorporant l'ampolla al Rebreather¹⁰, per tal d'aprofitar l'heli i consumir menys quantitat.

2.3.2 Avantatges, limitacions i aspectes a tenir en compte

L'Hèlix està format per un gas molt inflamable (oxigen) i un gas molt poc reactiu (l'heli).

Com que l'heli és molt poc reactiu, simplement s'utilitza com a gas que dona volum a la mescla. La funció principal d'aquesta mescla és eliminar la presència de nitrogen i poder així aturar la narcosis. Per aquest motiu és una mescla molt útil per al busseig professional a grans profunditats, on no es pot cometre cap error, i si s'actua sense narcosis, els resultats són molt més positius. Cal recordar que a la mescla segueix havent-hi oxigen, i que mai es pot superar la pressió parcial d'1,6 atmosferes, per tant, cal planificar bé la immersió i preparar la mescla adequada.

Per distingir quina proporció d'Hèlix està carregat a l'ampolla, s'utilitza una nomenclatura senzilla: per exemple, si tenim un 20% d'oxigen i un 80% d'heli, tenim un Hèlix 20/80.

L'heli a profunditats elevades, quan està sotmès a grans pressions, pot provocar lesions al nostre cos, conegudes amb el nom de *síndrome nerviós per alta pressió* (SNAP). Per tant, cal vigilar aquest fet. No se sap del tot segur a quina pressió parcial d'heli es produeix aquest fet, però segons els últims estudis, sol aparèixer a partir dels 120 metres de

9 Busseig tècnic: Veure l'annex 2.

10 Rebreather: Aparell que recicla l'aire que el submarinista exhala per tal de no fer bombolles i reduir el consum. Més informació a l'apartat 3.0

Treball de recerca

profunditat (13 atmosferes) i per tant podem fer una aproximació per tenir una idea.

A aquesta profunditat, el percentatge màxim d'oxigen que el cos pot suportar és de 12,3% (ja que la seva pressió parcial és d'1,6 atmosferes) i per tant podem dir que la resta és heli. Si sotmetem una mescla Hèliox que conté un 87.7% d'heli a 13 atmosferes, podem patir el SNAP.

La taula mostra el límit màxim per al busseig amb Hèliox, tenint en compte que el SNAP apareix als 120 metres i utilitzem el màxim d'oxigen possible:

Tipus de gas:	PP a 120 metres	% de cada gas
Oxigen	1,6 atm.	12,3 %
Heli	11,4 atm.	87,7%

Taula 3: Pressió parcial d'oxigen i heli màxima per no sofrir el SNAP

PP= Pressió parcial

Atm= Atmosferes

Per tant, podríem extreure conclusions i dir que l'heli a pressions parcials superiors a 11,4 atmosferes es pot produir el SNAP. Cal recordar que hem utilitzat el percentatge màxim d'oxigen, i que realment si es vol arribar als 120 metres de profunditat, cal utilitzar més heli i menys oxigen per evitar problemes. Si disminuïm la quantitat d'oxigen, vol dir que la mescla passa a tenir més heli i per tant el SNAP es dona a pressions parcials més grans d'11,4 atmosferes, sempre i quan utilitzem els 120 metres de profunditat com a límit.

Però això no és tot, ja que tot i que la mescla no contingui nitrogen, el fenomen de la descompressió segueix present. L'heli és un element molt lleuger i això facilita la seva expulsió del cos, però aquest mateix fet fa que alhora sigui molt fàcil d'absorbir, i arribi sense cap dificultat als teixits i al reg sanguini. Aquest es el motiu per el qual el fenomen de la descompressió es dona igual o fins i tot amb més facilitat que si s'utilitza nitrogen.

En definitiva, l'Hèliox és un gas car i difícil d'utilitzar, però elimina la major part de la narcosis i per tant és una mescla ideal per fer treballs específics a grans profunditats.

2.3.3 Com carregar-lo a l'ampolla?

La càrrega de l'Hèlix és molt similar a la càrrega del Nitrox. Com que disposem d'heli, que és molt poc reactiu, tenim menys problemes relacionats amb la reacció de l'oxigen pur.

Es pot fer per transvasament, que seria un procés molt semblant a la càrrega per transvasament per Nitrox, però de forma més segura ja que l'heli no és reactiu, i un cop s'omple la part corresponent amb heli, l'oxigen no reacciona violentament a l'interior. Igualment, com que es treballa amb oxigen pur, es necessita un compressor especial d'oxigen pur.

També es poden utilitzar altres mètodes més complicats. La càrrega és controlada per un compressor especial que s'encarrega d'introduir a l'ampolla la quantitat exacta de cada component de forma molt exacta.

L'Hèlix és molt poc comú, i per tant, no es coneix massa bé les diferents formes de carregar-lo a l'ampolla.

2.4 El Trimix

El Trimix també és un gas que s'utilitza en el busseig tècnic, i igual que l'Heliox, és una mescla complicada d'utilitzar.

2.4.1 Què és?

El Trimix és una mescla formada per tres gasos: Oxigen, nitrogen i heli. La seva composició pot variar molt, ja que es pot canviar el percentatge dels 3 gasos, i per tant dona un gran ventall de possibilitats pel que fa a diferents tipus de mescla. Per saber quin tipus de Trimix anem a utilitzar, s'utilitza la següent nomenclatura: Si tenim un Trimix de 20% d'oxigen, 50% d'heli i un 30% de nitrogen, és un Trimix 20/50. Només s'indiquen els percentatges d'oxigen i heli respectivament, i la resta del percentatge és de nitrogen.

Tot seguit veurem més detalladament les característiques d'aquesta mescla

2.4.2 Avantatges, limitacions i aspectes a tenir en compte

Com hem vist a l'apartat anterior, el Trimix està compost per heli, nitrogen i oxigen. Igual que a l'Heliox, l'heli és un gas inert, i per tant la seva funció és ocupar un cert volum. En aquesta mescla, l'heli ens permet reduir la quantitat d'oxigen i de nitrogen, ja que com sabem, aquests dos gasos a profunditats considerables són perjudicials per al nostre cos. Per fer aquesta reducció, simplement cal substituir el percentatge d'oxigen i de nitrogen que no volem per heli. D'aquesta manera aconseguim reduir les pressions parcials dels dos gasos ja que hem reduït el volum que ocupen a la mescla.

Gràcies a l'heli, podem reduir la quantitat d'oxigen per evitar superar la pressió parcial d'1,6 atmosferes. A més, també ens permet reduir la quantitat de nitrogen per tal de disminuir els efectes de la narcosis. Tot això és possible gràcies a que l'heli és un gas molt poc narcòtic i que esdevé tòxic per al cos a pressions parcials molt elevades, per tant és difícil arribar fins a aquell punt.

L'heli, al ser molt lleuger, fa que la mescla sigui més fàcil de respirar a pressions elevades, i això ajuda al submarinista a reservar més energia, ja que en consumeix menys alhora de fer la inhalació i exhalació de l'aire. Quan un bussejador realitza la mateixa immersió amb Trimix i amb aire comprimit, nota que si utilitza la segona mescla es troba més fatigat.

Treball de recerca

Però si l'heli és tan beneficiós, perquè utilitzem Trimix i no Hèlix? En principi, després d'haver vist els dos gasos, l'Hèlix sembla molt més preparat. El problema principal és que l'heli és molt car. L'Hèlix és una barreja molt cara, i per tant, els submarinistes (particulars sobretot) els hi interessa més barrejar aire convencional amb una mica d'heli, ja que la mescla resultant (Trimix) és més barata que l'hèlix, i a més té les propietats que aporta l'heli.

Cal recordar que a la mescla segueix havent-hi nitrogen, i per tant la narcosis continua existint però de forma més feble. El fenomen de la descompressió és similar al de l'Hèlix, ja que per a una mateixa profunditat, s'utilitza un percentatge d'oxigen concret (que no superi la pressió parcial màxima), i la resta és heli (Hèlix), o nitrogen més heli (Trimix). Com que el nitrogen i l'heli tenen efectes de saturació semblants, i la quantitat d'oxigen és igual per a les dues mescles, el gas restant serà tot heli o heli més nitrogen, i com que tindran el mateix percentatge, i els efectes són iguals, el fenomen de la descompressió serà molt semblant. Per entendre-ho millor, veiem l'exemple següent:

Tenim un 15% d'oxigen en les dues mescles. L'Hèlix que tindrem estarà format per un 15% d'oxigen i un 85% d'heli. El Trimix estarà format per un 15% d'oxigen, i un 85% d'heli més nitrogen. Com que l'heli i nitrogen són molt semblants en l'aspecte de la saturació al nostre cos, un 85% d'heli serà molt similar a un 85% d'heli més nitrogen. Per tant, el temps de descompressió serà igual per a les dues mescles.

Les descompressions són llargues, ja que s'arriba a una profunditat considerable, i a més s'hi està força estona. Per poder dur a terme la descompressió sense corre cap risc, es recomana dur a sobre una ampolla extra, o deixar penjant del lloc per on s'ascendirà a la superfície una ampolla d'emergència. Aquesta ampolla extra, ha de ser de Trimix, ja que si hem fet tota la immersió amb aquesta mescla, el nostre cos no pot rebre canvis forts, i respirar una mescla diferent ens podria suposar un problema.

Per saber quina composició dels tres gasos serà la més eficient, existeix un mètode que ho permet saber. Aquest mètode s'anomena "Bestmix" que traduït seria "mescla òptima". Aquest mètode es basa en mantenir una narcosis igual que la que es dona a 30 metres utilitzant aire comprimit i una pressió parcial d'oxigen d'1,3 atmosferes. Per a qualsevol profunditat, cal respectar aquesta proporció. La pressió parcial de nitrogen a 30 metres és de 3,16 atmosferes, i per tant, és la que cal mantenir. Per fer-ho, cal variar el percentatge de nitrogen segon la profunditat que volem assolir. A major profunditat, menor serà el

Treball de recerca

volum de nitrogen.

Per exemple: si volem realitzar un busseig amb Trimix a 80 metres utilitzant bestmix, caldrà que:

La pressió a 80 metres és de 9 atmosferes. Volem mantenir la pressió parcial de nitrogen a 3,16 atmosferes, per tant, haurà d'ocupar com a màxim el 35,1% de la mescla.

Per mantenir una pressió parcial d'oxigen a 1,3 atmosferes, caldrà que aquest ocupi un 14,4% del volum. Un cop sabem aquestes dades, cal sumar-les i fer la diferència respecte el 100%. El volum resultant haurà de ser heli per tal de poder mantenir les pressions parcials dels dos gasos iguals que les que hem calculat. Si no es posa cap gas que ocupi el volum restant, la proporció calculada es trenca.

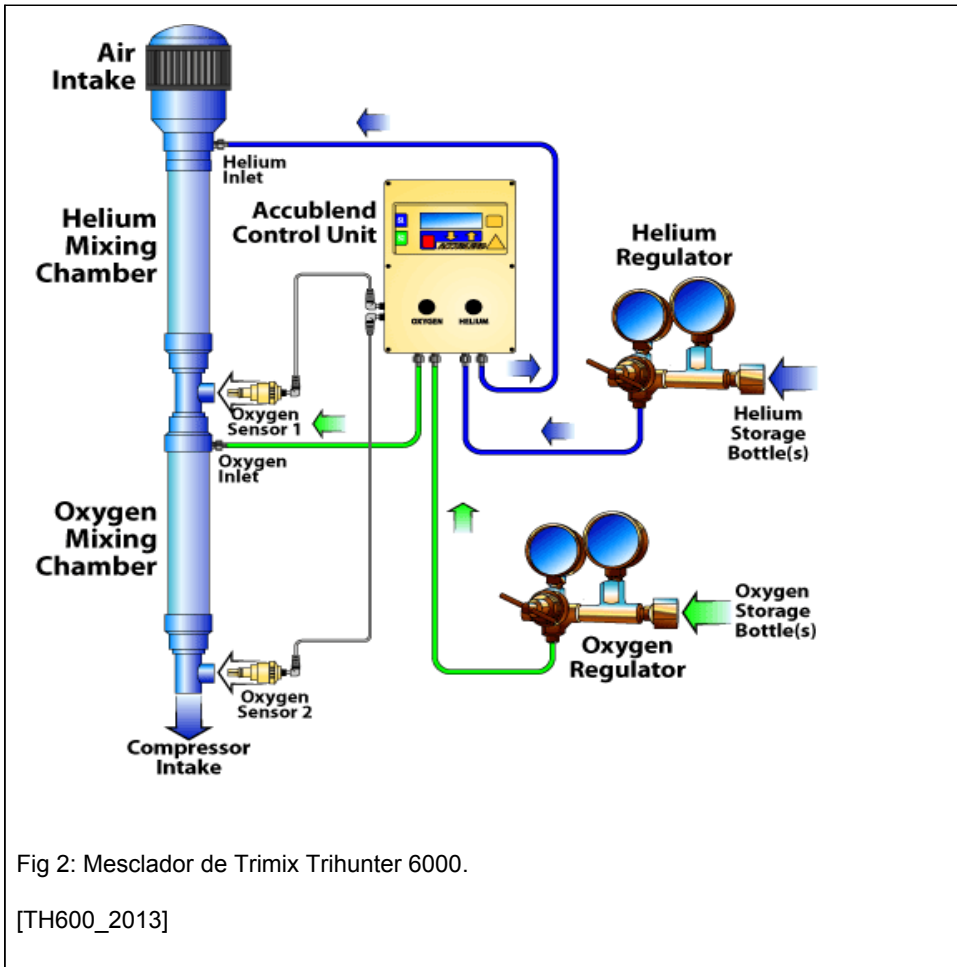
En aquest cas, el volum restant és de 50,5%, que serà el volum de l'heli. El bestmix de Trimix per a 80 metres és un Trimix 14,4/50,5.

Com a resum, diríem que el Trimix és una mescla ideal per a grans profunditats ja que redueix la narcosis, i ens permet mantenir una pressió parcial d'oxigen a nivells segurs. A més, no és excessivament car.

2.4.3 Com carregar-lo a l'ampolla?

Actualment els bussejadors poden carregar aquesta mescla de forma particular si posseeixen l'instrumental adequat per fer-ho. Avui dia, es pot aconseguir aquest instrumental a un preu relativament assequible. Cal dir que el seu muntatge és complicat, i és necessari informar-se bé sobre el tema i respectar les mesures de seguretat, ja que segueixes treballant amb oxigen pur i heli.

Aquesta mescla ja és més complicada de realitzar si es vol fer per transvasament. Com que disposem de tres gasos, és molt més difícil realitzar la mescla amb la proporció desitjada de forma manual. Es recomana utilitzar un sistema automàtic molt més preparat per realitzar aquesta funció, com el Trihunter 6000. A continuació expliquem el seu funcionament.



Aquest mesclador

permet crear una mescla Trimix amb la proporció desitjada. Per fer-ho,

hem d'introduir el percentatge d'heli i d'oxigen que volem que tingui la mescla al controlador central. Un cop fet aquest pas, el sistema comença a preparar el gas resultant. Primer de tot entra l'heli pur i s'injecta a la part superior del tub de mescles. Juntament amb l'heli, entra aire convencional que prove de l'exterior. En aquest instant ja tenim Trimix, però en una proporció no desitjada. Ara cal regular la quantitat d'oxigen i d'heli. Gràcies als dos sensors d'oxigen que porta el tub incorporats, es pot calcular la quantitat que falta d'aquest gas, i mitjançant un segon injector (aquest cop d'oxigen), s'acaba de regular la composició de la mescla final. Un cop ja s'ha fet, el segon sensor d'oxigen torna a mesurar la mescla i si les dades són correctes, el gas passa a un compressor que el carrega a la mescla. Aquest procés es repeteix fins que l'ampolla s'ha carregat a la pressió desitjada. Un cop està plena, cal comprovar quina és la proporció final de Trimix, ja que sempre hi han petites variacions. Gràcies a un analitzador Trimix, podem saber el percentatge d'heli i d'oxigen i veure com ha quedat la mescla final.

3. El Rebreather

El Rebreather és la gran millora del submarinisme. El submarinisme que hem vist fins ara, és un submarinisme que s'anomena de "circuit obert", ja que l'aire que respirem de l'ampolla, un cop surt dels pulmons, es expulsat cap a l'exterior. El Rebreather en canvi és un sistema de "circuit tancat". L'aire que expulsem torna dins del circuit per poder-lo tornar a respirar. Aquest aire que entra, s'ha de tractar per tal d'eliminar el CO₂ i regular el nivell d'oxigen. Cal dir que aquest sistema només pot modificar la quantitat d'oxigen (injectant aquest gas sempre que calgui). La seva principal utilitat és que es pot estar sota l'aigua més estona, ja que no tires els gasos exspirats a l'exterior. Les ampolles utilitzades són més petites ja que no cal tant de gas com en el busseig de circuit obert. Això les fa ser més lleugeres (el conjunt del Rebreather però, és molt pesat).

Per altre banda, permet mantenir la pressió parcial d'oxigen sempre constant. Això es degut a que disposa de tres cèl·lules que mesuren l'oxigen del gas que expulsem, i afegeixen si cal oxigen a la mescla per mantenir la pressió parcial, i en cas de que no en necessitem, no actuen i només s'elimina el CO₂. A major profunditat, menor quantitat d'oxigen injectaran.

L'equip és molt complex, sobretot els models tancats i electrònics. Aquests models s'anomenen CCR (Closed circuit Rebreather).

Aquest equip està format per un solenoide injector (encarregat de subministrar l'oxigen extra) i tres cèl·lules mesuradores d'oxigen (per calcular la pressió parcial). N'hi ha tres per evitar error en el càlcul. Si es canvien, s'han de canviar totes tres per evitar errades. El 90% dels problemes amb Rebreather són causats per aquestes cèl·lules.

Un altre element molt important és el contenidor de cal sodada. Aquest element és l'encarregat d'eliminar el CO₂ que expulsem mitjançant una reacció química per tal de fer que l'aire que hem expulsat pugui ser respirable.

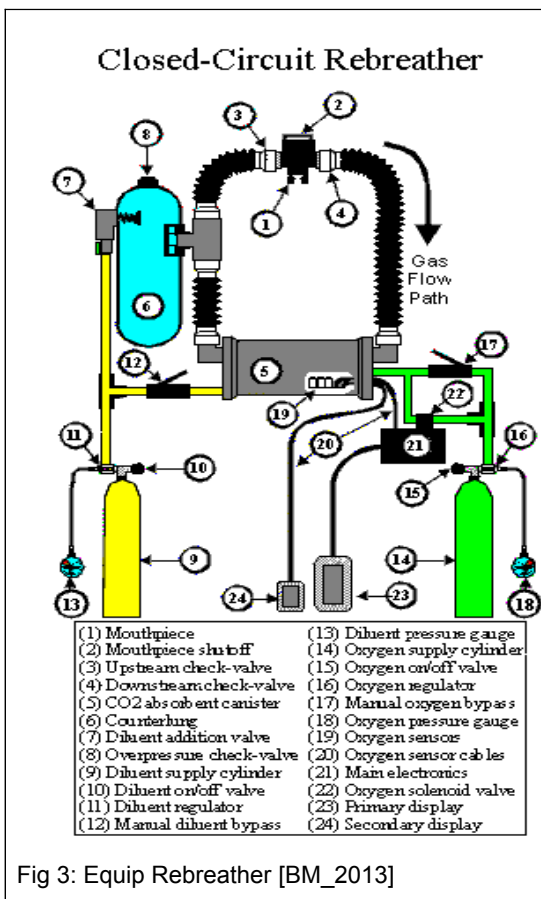
Com que entre els nostres pulmons i el Rebreather es forma un circuit tancat, s'aconsegueix la màxima efectivitat alhora d'estalviar oxigen i eliminar CO₂. Per a una profunditat constant, l'aparell no deixarà anar bombolles de gas. Aquest fet permet reduir molt el consum de mescla respirable. Amb un CCR estàndard es pot estar sota l'aigua unes 4 o 5 hores. A diferència del busseig amb circuit obert, no importa la profunditat ja que seguim aprofitant tot el gas que expulsem.

Treball de recerca

L'equip té dos bombones, una d'oxigen i un altre de diluent (Pot ser aire comprimit, Trimix o Hèliox, bàsicament és per donar volum a la mescla i regular la pressió parcial d'oxigen). Com vam dir, l'Hèliox és molt útil en aquest aparell ja que no es desespessa la mescla i per tant, es consumeix molt menys, cosa que permet utilitzar aquesta mescla tot i el seu elevat preu.

Com és un sistema electrònic, posarem a l'ordinador el Set Point (o pressió parcial d'oxigen), i ens la mantindrà constant al llarg de la immersió. Al variar la profunditat, el CCR injectarà o no l'oxigen per mantenir la pressió parcial desitjada. L'autonomia del CCR ve donada principalment per la capacitat de filtració de CO₂ del contenidor de cal sodada. Es recomana canviar-la cal cada 4 hores (temps en el qual gran quantitat d'aquesta cal ja ha reaccionat i ha perdut la capacitat de filtrar més CO₂).

A continuació mostraré l'esquema d'un equip Rebreather:



A l'esquema es podem veure les dos ampolles (la verda és oxigen i la groga diluent), el número 5 és la cal sodada. El conjunt 1,2,3,4 és el regulador (bitràquea), el 19 són les cèl·lules d'oxigen, i la resta de components són controladors de l'equip, com l'ordinador, la pressió que hi ha a les ampolles...

Gràcies a aquest funcionament, el Rebreather és la gran innovació d'aquesta pràctica, i poc a poc, va evolucionant. L'equip cada cop és més lleuger, més eficaç i més segur.

Amb això acaba la explicació teòrica de les mescles de gasos. A continuació podeu veure la meva aportació al món del submarinisme.

4.La meva contribució: Disseny i construcció d'un controlador que permet evitar excessos de monòxid de carboni a la càrrega d'una ampolla de submarinisme.

Introducció:

El controlador que he dissenyat i realitzat pretén ser un mètode de seguretat que pugui ser utilitzat a casa. Tots aquells que vulguin controlar el seu compressor elèctric i evitar una sobrecàrrega de CO a l'ampolla de submarinisme, ho poden fer gràcies a aquest projecte. Els materials utilitzats no són excessivament cars i la construcció no és massa complicada si s'estudia bé el que es vol fer i es coneix una mica de programació PICAXE i electricitat. També cal conèixer el funcionament d'un compressor, i la càrrega de les ampolles per poder controlar de forma automàtica la càrrega.

Per fer el controlador, cal conèixer quins dispositius anem a utilitzar, i per a que serveixen. Els microcontroladors PICAXE són ideals per a aquest projecte. He decidit utilitzar aquest microcontrolador perquè no és la primera vegada que treballo amb ell. El nostre centre va guanyar un concurs, i com a premi va rebre molt material d'aquesta marca, que és molt útil per als alumnes.

Material que utilitzarem:

Principalment utilitzarem dos plaques PICAXE i altres components. Les plaques que hem tirat són:

-AXE117 PICAXE-14M Project Board Kit.

-AXE113 Serial OLED.

La resta de components més importants que hem utilitzat són:

- Placa de 2 relés de 5V.
- Sensor de Monòxid de Carboni.
- 2 Polsadors.
- 3 LED (Verd, groc i vermell).
- Cables de diferents colors.

Treball de recerca

- Connectors per als cables.

AXE117 PICAXE-14M Project Board Kit

Aquesta placa és la nostra placa principal. Per defecte, aquesta placa disposa dels següents components:

- AXE117 project board PCB
- 7 resistències de 10k
- 2 resistències de 22k
- Condensador de polièster de 100 nF
- ULN2003A Darlington driver
- Connector per les piles
- Sòcol de descarrega Stereo (programació).
- Sòcol IC 14 pin (Per al PICAXE 14M)
- Sòcol IC 16 pin (Per al ULN2003A)

La placa es pot muntar de diferents maneres segons el projecte que es vulgui realitzar. En el nostre cas, cal modificar algun component i a més, no hem d'utilitzar tots. Primer de tot, el PICAXE 14M dona problemes amb el Display OLED, i cal canviar el xip per un PICAXE 14M2. Si s'utilitza el primer, el Display no indica els valors que nosaltres volem i per tant cal utilitzar el segon xip, que no dona cap problema.

De tots els components que té la placa, hem d'utilitzar tots, però variant tres d'ells:

- En comptes de 7 resistències de 10k, n'utilitzarem 3.
- En comptes de 2 resistències de 22k, n'utilitzarem 1.
- En comptes d'utilitzar un PICAXE 14M, utilitzarem un PICAXE 14M2.

El ULN2003A Darlington ens permet treballar amb intensitats majors, per si cal controlar relés de major potència o receptors lluminosos que necessitin una intensitat elevada. En el nostre cas, l'hem utilitzat però realment no feia falta. Els 3 LED estan controlats per aquest xip, ja que es podrien substituir per altres receptors que necessitessin una major intensitat que el PICAXE 14M2 no pot donar ja que es crema.

Treball de recerca

El muntatge de la placa és el següent:

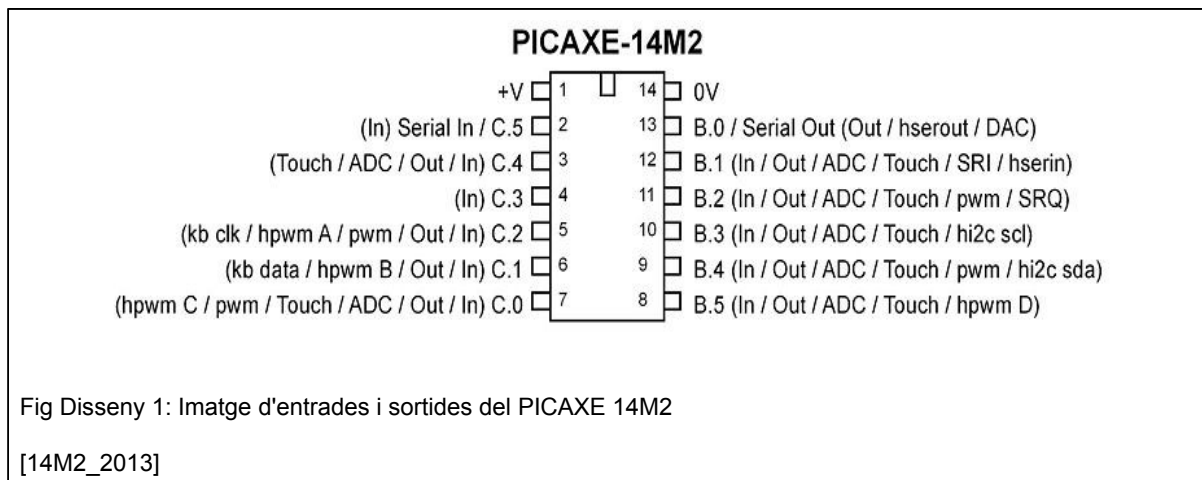
Primer de tot, cal soldar les 4 resistències al seu lloc (depèn de quina entrada o sortida s'utilitzi, es soldaran a un lloc o a un altre. Tots els llocs possibles estan indicats a la placa.). Després s'ha de soldar el condensador de 10 nF i tot seguit els sòcols al seu lloc corresponent. Finalment cal soldar el sòcol de programació.

Un cop estan soldats els components, ja es poden soldar els cables que aniran als components externs de la placa. Com a components externs tenim:

- Dos polsadors.
- Tres LED (verd, vermell i groc).
- Un sensor de CO
- La placa dels dos relés.
- El connector de piles (3 piles en serie d'1,5V cada pila)
- La placa AXE133 Serial OLED

Com hem dit, els LED aniran connectats a la sortida del Darlington, amb una pota al positiu i l'altre al negatiu. El sensor anirà connectat amb una pota a una entrada del xip, una altre pota al pol positiu i la pota restant al pol negatiu. Els polsadors aniran connectats cadascun amb una pota a una entrada, i l'altre pota al positiu (cal soldar bé les potes, ja que de les 4 que té, només s'utilitzen 2). Els relés com que són 2, necessiten dos sortides (per controlar amb una sortida el compressor i amb l'altre el regulador) i una pota al positiu i l'altre al negatiu (és una pota comuna per a tots dos). El connector de piles serà l'encarregat de proporcionar l'energia a tot el circuit, i anirà connectat amb un cable al pol positiu i l'altre al pol negatiu (en cas de que es vulgui connectar a corrent alterna, caldrà un adaptador que transformi l'alterna en continua de 5V). Finalment, l'AXE133 necessita una pota al pol positiu, un altre al pol negatiu i un altre pota que sigui una sortida de dades.

Com podem veure, ocupem les sis sortides disponibles del PICAXE 14M2 (els tres leds, el display i els dos relés), i tres entrades (els dos polsadors i el sensor de CO). A continuació veurem més detalladament les connexions amb les potes del PICAXE.



Aquest és el microcontrolador que nosaltres utilitzarem. Les connexions seran les següents:

Entrades

A l'entrada C.4 hi haurà connectada la pota del sensor AOUT. Servirà per enviar les dades i poder-les guardar (a la memòria del PICAXE B0).

A l'entrada C.2 hi haurà connectat un polsador (que pot ser el d'encendre o apagar segons fem el programa).

A l'entrada C.0 hi haurà connectat un altre polsador.

Sortides

Les sortides B.0, B.1 i B.2, van connectades al ULN2003A. La funció és la mateixa que si estiguessin connectades directament al PICAXE 14M2, ja que no necessitem una intensitat major perquè hi tenim connectats LEDS.

La sortida B.3 està connectada a un dels dos relés, concretament al relé 1 (IN1).

La sortida B.4 està connectada al relé 2 (IN2)

La sortida B.5 està connectada a la pota C5 del Display, per tal de poder enviar la informació que ha d'aparèixer a la pantalla.

Més endavant veurem la connexió electrònica de la placa i la connexió electrònica global de tot el controlador.

AXE133 Serial OLED

Aquesta placa és l'encarregada de fer funcionar la pantalla OLED. La seva funció principal és indicar el valor de CO que llegeix el sensor. És una placa controlada per un PICAXE 18M2, que ja bé programada de sèrie per interpretar les lletres que escrivim. Cal dir que hi han lletres o símbols que no venen incorporats, i que segons que es vulgui escriure cal utilitzar uns codis binaris que representin el símbol que volem que aparegui a la pantalla. Un altre opció seria modifica el programa de la placa, i introduir aquest símbol juntament amb tots el que ja estan per defecte.

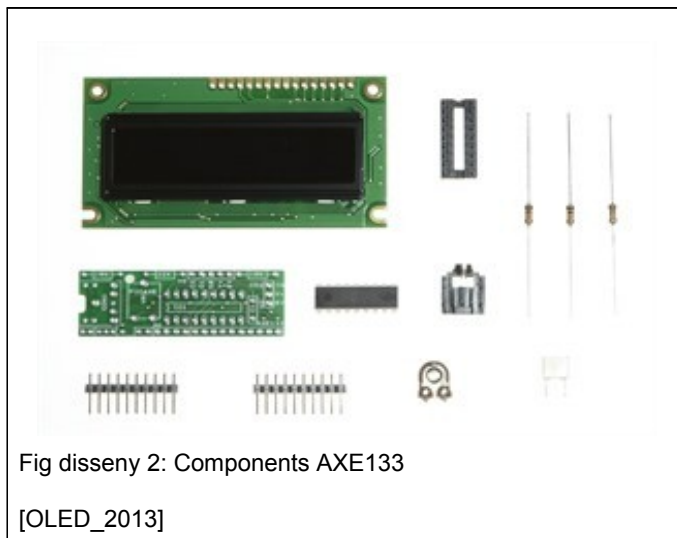
En el nostre cas, no cal modificar el programa ni escriure cap codi ja que simplement utilitzem símbols que ja estan per defecte.

Aquesta placa esta formada per:

- AXE133 PCB
- 16X2 OLED
- PICAXE 18M2 programat amb AXE133 firmware.
- Sòcol de 18 pin (per al PICAXE 18M2)
- Resistència de 22k
- 2 resistències de 10k
- Un condensador de 100 nF
- un Sòcol de programació de 3,5mm
- 2 connectors de 10 pin. (no cal utilitzar-los tots)

En el nostre cas, per muntar aquesta placa utilitzarem tot els materials (excepte els connectors). La placa ja està preparada per que es pugui soldar tot al lloc corresponent. Per connectar l'AXE133 amb la pantalla OLED, cal utilitzar 14 connectors (hi ha una numeració del 1 al 14, cal deixar el 15 i 16 sense connexió.)

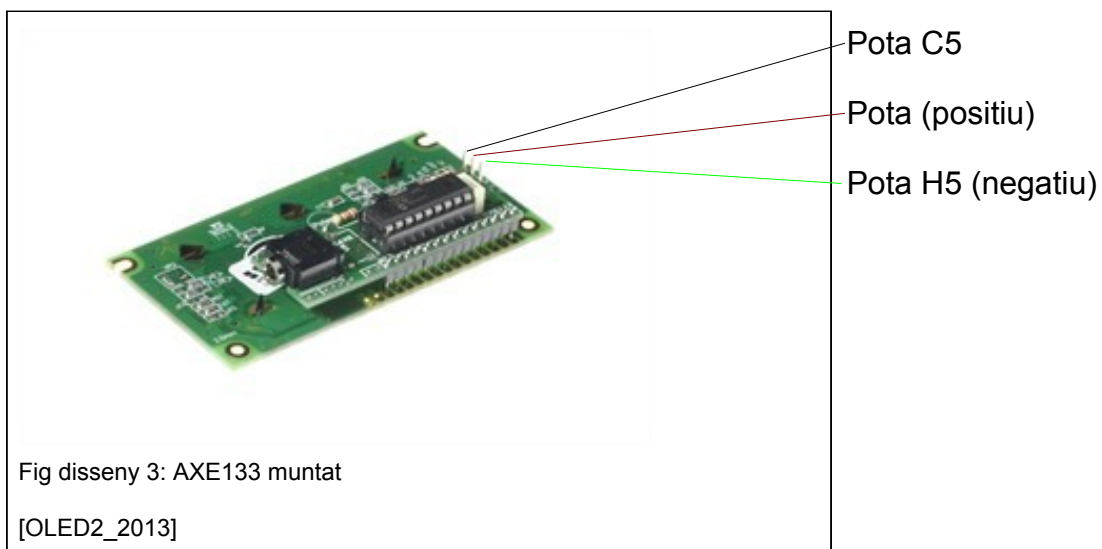
Treball de recerca



La placa AXE 133 té 3 connexions que són les que utilitzarem:

- C5: És per on enviarem les dades que volem que apareguin a la pantalla.
- H2: És on va connectat el cable negatiu (0V).
- El connector que està entre els dos anteriors: És on va connectat el cable positiu (4,5V).

El muntatge final ha de ser el següent:



Es recomana utilitzar un connector de colze per a aquestes tres potes anteriors, ja que és molt més còmode i s'estalvia espai.

Connexions electròniques dels components:

Diagrama de blocs

Aquest diagrama mostra la connexió en general dels components que formaran el nostre controlador:

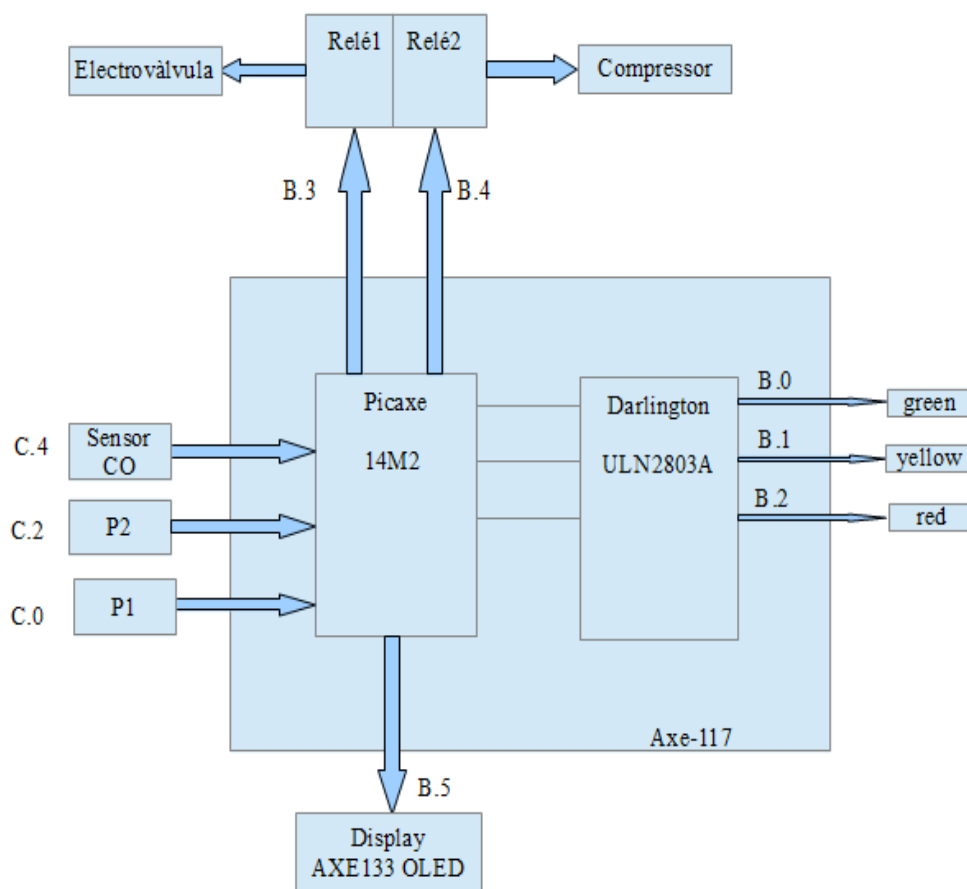


Fig disseny 4: Diagrama d'estats de les connexions del controlador fet per mi.

Display: Pantalla OLED per veure el valor de CO que el sensor detecta.

P1/P2: Pulsadors per encendre i apagar manualment el sistema.

Sensor CO: Sensor que mesura el nivell de CO de l'aire.

Treball de recerca

Relé 1: Activa/desactiva l'electrovàlvula de forma automatitzada.

Relé 2: Encén o apaga el compressor de forma automatitzada.

Green: Led de color verd que indica que s'està carregant l'ampolla de forma correcta

Yellow: Led de color groc que indica que hi ha una aturada d'emergència.

Red: Led de color vermell que indica que el compressor s'ha parat manualment.

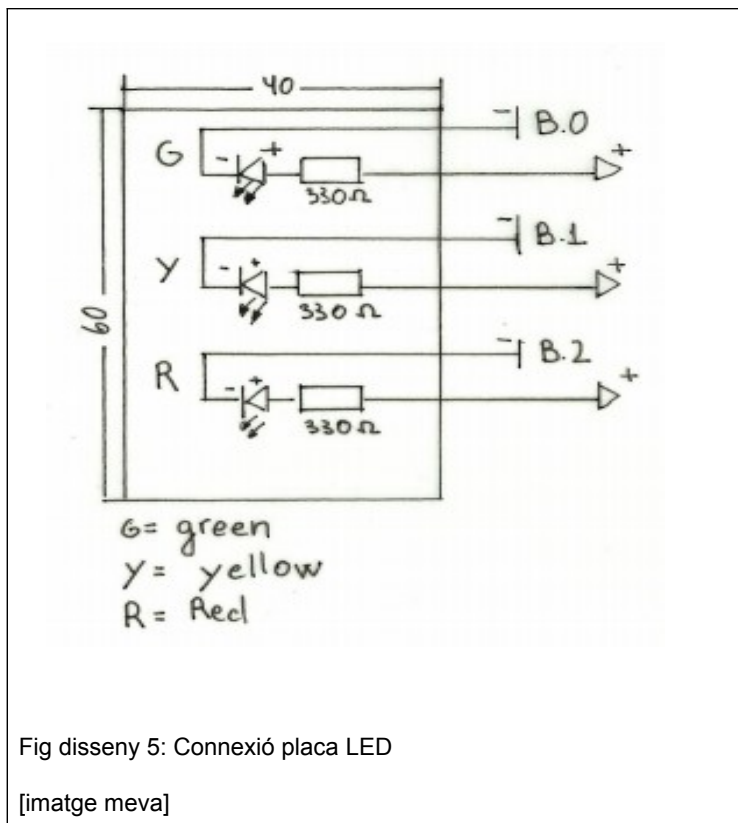
Connexions detallades de les plaques

Ara, després d'haver vist aquest esquema general, cal veure les connexions més detallades de cada part i de forma global.

Ara veurem les connexions de les dues plaques que encara no hem vist (la placa de LEDS i la placa de polsadors), i la connexió global de tot el controlador.

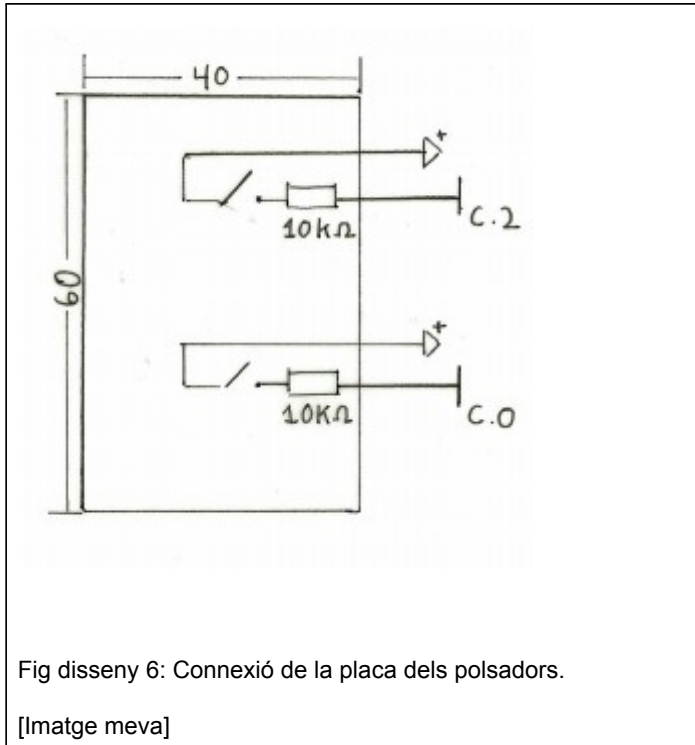
Placa LED

És una placa molt simple. Serveix per fixar els 3 LED i després subjectar-los al panell final. També ens permet fer les connexions amb la placa AXE117.



Placa Polsadors

Aquesta placa ens servirà per poder fixar els polsadors al panell final, i connectar cada polsador amb la entrada corresponent.



Cada polsador va connectat amb una resistència de 10 k (que estan a la placa AXE117), i per l'altre costat estan connectats al pol positiu (4,5V). Els polsadors van connectats directament a la placa, no tenen cap connector. Més endavant veurem que altres dispositius si que en tenen, ja que un cop es guarda el controlador es desconnecten els cables per evitar que es pugui trencar algun d'aquests aparells.

El conjunt: la connexió del controlador.

Aquesta és la connexió elèctrica total del controlador, en la qual s'uneixen la placa dels pulsadors, la placa dels LED, el sensor de CO, els relés i la placa AXE133. Així es com ha de quedar el resultat (veure a la pàgina següent).

Cal dir que les entrades que he triat (excepte la entrada C.4 que és la analògica del PICAXE 14M2 i la necessitem pel sensor) i les sortides poden variar segons com es vulgui fer la connexió. En el meu cas, jo he triat les entrades que ja hem vist a l'apartat anterior i són les que estan representades en la xarxa de connexions (veure a la pàgina següent).

Ara, mostraré una prèvia del controlador, per poder visualitzar millor com serà, i tenir una idea més clara quan s'observi el plànol del panell i el plànol de connexions.

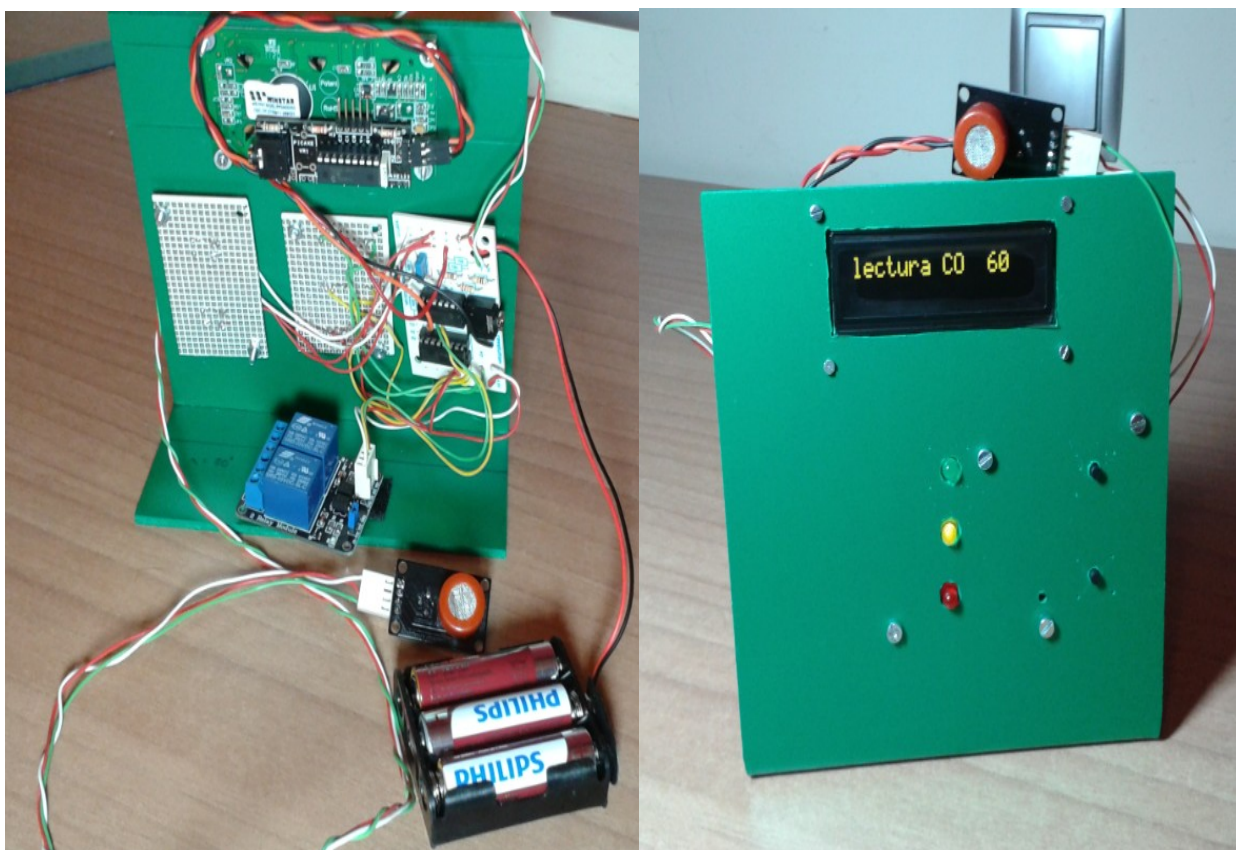


Fig disseny 7: Imatges del controlador muntat.

[Imatge meva]

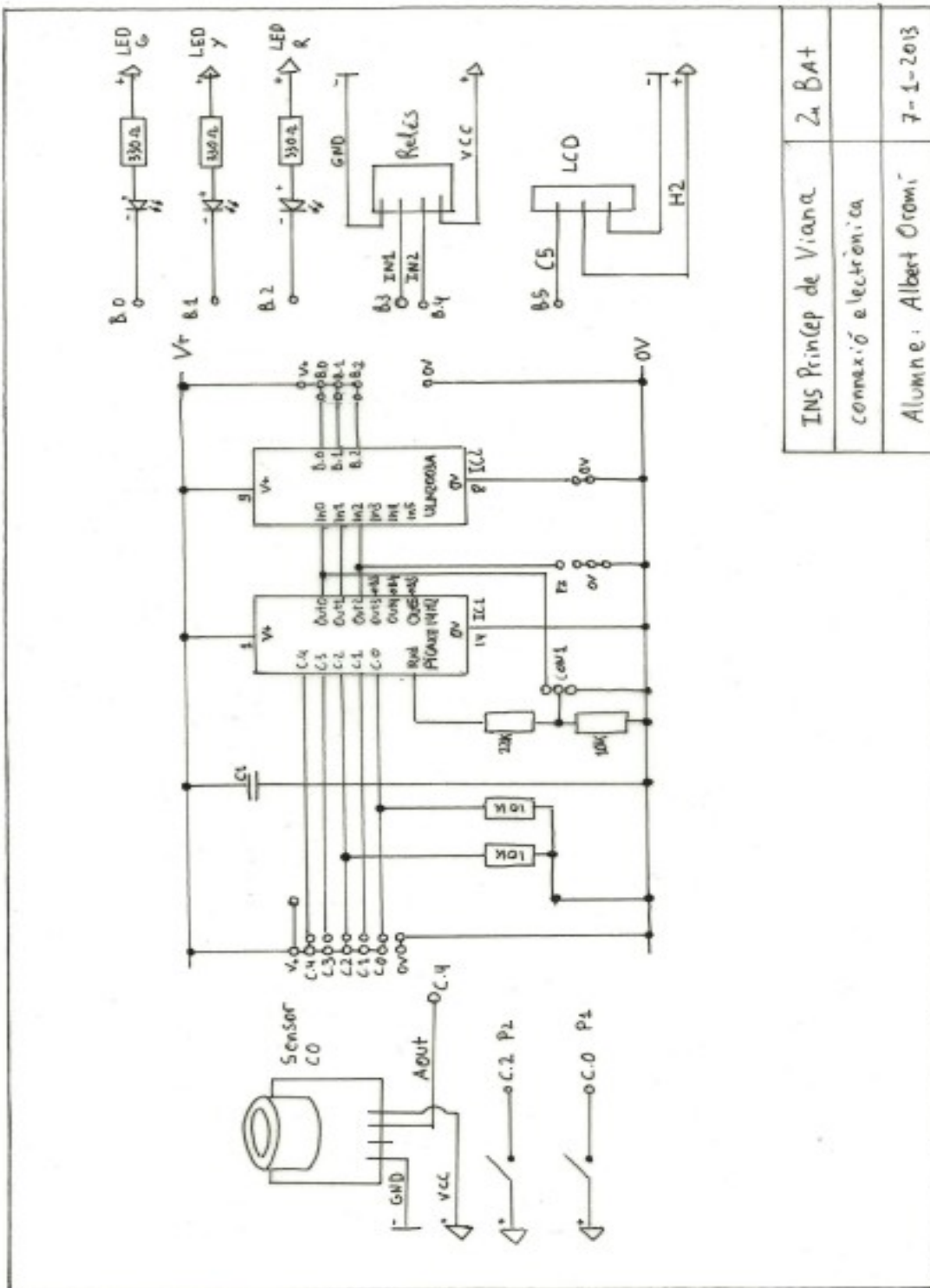


Fig disseny 6: Connexió electrònica del controlador.

Ara que ja hem vist tota la informació sobre les plaques i els dispositius, anem a veure la part de material necessari, muntatge i pressupost.

Planificació de temps i de construcció per al prototip:

A continuació mostraré el plànol del panell que utilitzarem per fixar tots els components del controlador:

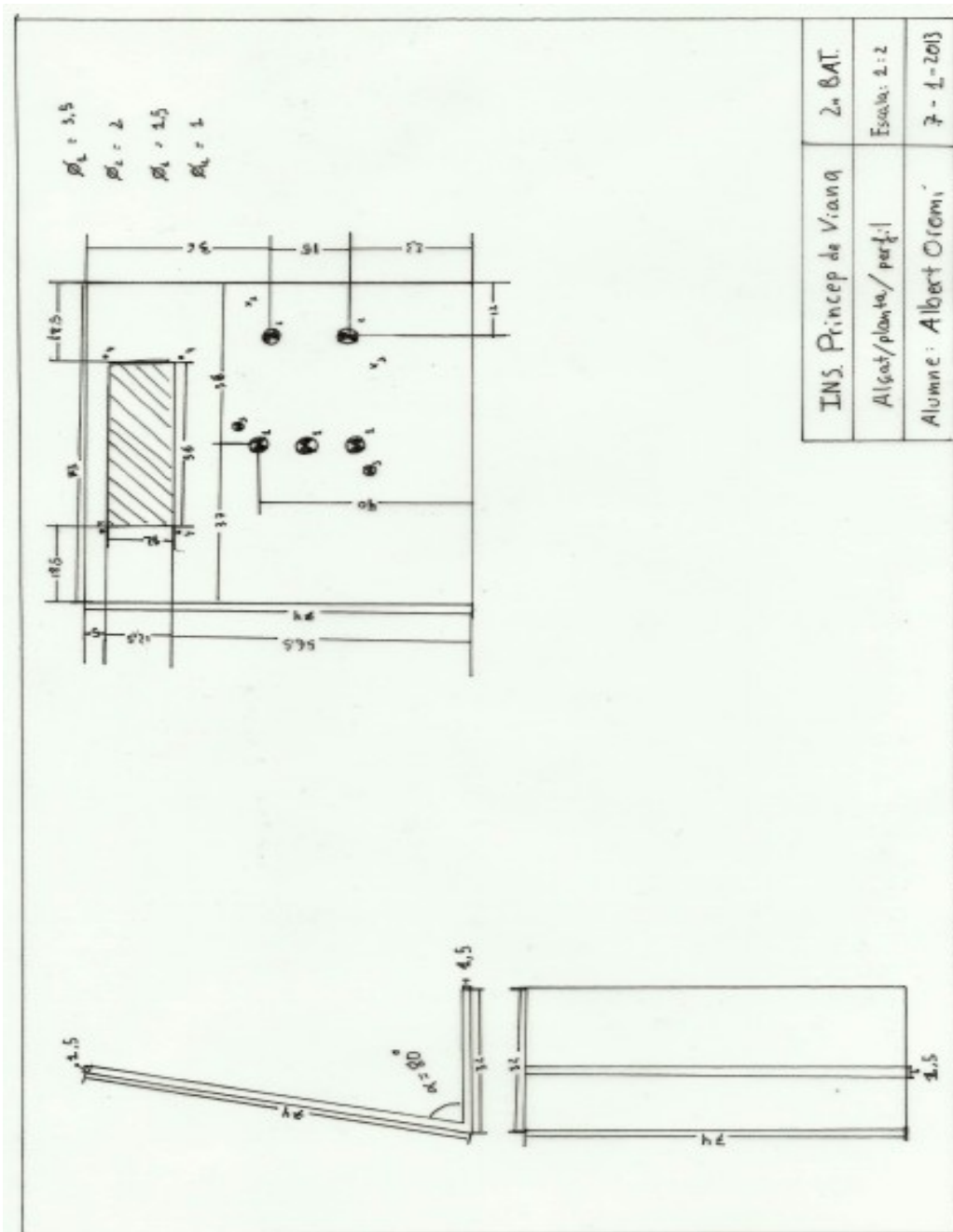


Fig disseny 7: Plànol detallat del Panell.

Aquest plànol mostra les tres vistes, alçat, planta i perfil, del panell. A continuació es mostrarà en una taula els passos necessaris que cal seguir per construir el controlador (panell inclòs).

Treball de recerca

Pas	Descripció del pas	Material/eines utilitzades	Temps que es triga	Observacions
1	Buscar informació sobre com podem fer el controlador quines funcions farà.	Ordinador	3 hores (una hora al dia durant tres dies)	Al principi és complicat saber exactament que vols fer i cal dedicar-hi força temps.
2	Triar els materials que volem utilitzar i conèixer el seu funcionament.	Principalment ordinador	1 hora	Cal trobar tot el que necessitem per dur a terme el projecte.
3	Recol·lecció del material	Placa AXE117, AXE133, Sensor CO, cables, connectors	30 minuts	El sensor triga molt més temps en arribar ja que ve principalment de la Xina.
4	Disseny total de la connexió	Paper quadriculat, mil·limetrat, vegetal, llapis, escaire i cartabó, retolador punta-fina 0,2mm	6 hores.	Cal tenir en compte que en aquest temps es conta la creació de l'esborrany, la copia a net en paper mil·limetrat i per últim el calc a paper vegetal.
5	Preparació de la placa AXE117	Soldador, estany, pinces.	1 hora	
6	Tallar les plaques dels	Serra, placa de	30 minuts.	

Treball de recerca

	polsadors i leds	connexió, cargol de banc.		
7	Preparat i estanyar tots els cables dels components	Cable, soldador, estany.	30 minuts	
8	Soldar els leds i polsadors a la placa amb les resistències, i més tard al AXE117	Soldador, estany, cables estanyats, resistències, polsadors i leds.	1,5 hores	
9	Comprovar les soldadures	Tester	10 minuts	No es perd més temps si s'ha soldat correctament.
10	Grimpar cables per als connectors del sensor, relé i LCD. Despès col·locar-los al connector i soldar-los a la placa AXE117.	Grimpador, peça per grimpar. Cable, connectors,	2 hores	No es pot córrer ja que s'ha de grimpar bé si volem que no hi hagin problemes de connectivitat
11	Muntar la placa AXE133	Placa AXE133, soldador, estany.	1,5 hores	El seu muntatge és una mica complicat i cal anar pas per pas per no equivocar-se.
12	Soldar la placa AXE133 a la connexió corresponent de la AXE117.	Soldador, estany.	10 minuts	
13	Comprovar les soldadures dels relés, els polsadors i LEDS, el sensor i la placa AXE133.	Tester	10 minuts	Cal mesurar-ho de forma pausada sense equivocar-se.
14	Provar el funcionament de tots els components: la	PICAXE programming editor,	2 hores.	Cal fer diversos programes

Treball de recerca

	primera posada en marxa.	cable de programació, el nostre controlador.		simples per veure que tots els components funcionen i no hi ha cap error a la soldadura.
15	Reparar els possibles errors sorgits		30 minuts	Retocar soldadures i connexions dels connectors. Canviar el PICAXE 14M per 14M2 (solucionar problema del display.)
16	Crear el panell per subjectat tots els components, fer els forats i fixar-los i doblegar el panell.	Trepant, broques de 2, 3 i 4 mm, una làmina de plàstic de 4mm (15x21 cm), una doblegadora de plàstic, cargols , femelles 2,3 i 4 mm i un cúter.	2 hores	Cal dissenyar el panell, i traspasar el dibuix al plàstic amb les mesures adequades. Comprovar les marques abans de foradar o tallar.
17	Comprovar que no s'hagi fet res malbé durant el muntatge.	Tester i ordinador (programador PICAXE).	30 minuts	Al foradar o fixar els elements al plàstic es poden haver fet malbé.
18	Creació del programa definitiu.	Cable de programació i PICAXE	6 hores	Cal crear tots els diagrames que ens ajuden a

Treball de recerca

		programming editor.		poder desenvolupar el programa final, i un cop fets, cal fer el programa definitiu i programar el xip.
19	Comprovació final del controlador	Programa definitiu, tester i ordinador.	20 minuts	Comprovar el funcionament definitiu i veure que tot és correcte.
Temps total per a la construcció del prototip:			29 hores 20 minuts.	Cal tenir en compte que és el prototip inicial, i sempre es triga molt més.
Temps per a la construcció en sèrie:			6 hores	

Taula 4: Guia per a construir el controlador.

Si la construcció fos en serie i de forma manual, calculo que es trigaria unes 6 hores en acabar el projecte sencer, potser fins i tot una mica menys, ja que tot el temps destinat al disseny, a la creació del programa, la recerca d'informació... no cal tornar-lo a fer, i per tant només cal centrar-se en la part de construcció electrònica i fixació al panell, ja que el programa ja està fet i només cal programar el xip un cop s'ha acabat el muntatge.

El cost dels materials:

Per fer el projecte, cal disposar del material que es mostrarà a continuació (algunes coses s'han de comprar per Internet ja que és difícil trobar-les si no és a llocs molt concrets). No necessàriament han de ser de la mateixa marca, ja que si fan la mateixa funció no hi ha cap problema. Ho podeu veure a continuació a la taula:

Taula de cost dels materials						
Nom	Fabrican t	Descripció	Ref.	Preu (€)	Q.	Total(€)
AXE117 PICAXE Project board.	PICAXE	Placa amb tots els components per ser muntada. Cal utilitzar un PICAXE 14M2.	axe004	14,35	1	14,35
AXE133 serial OLED	PICAXE	Placa amb tots els components per ser muntada	axe133y	22,8	1	22,8
Placa 2 Relés	PICAXE	Placa amb 2 relés de 5V	GX-102	12,2	1	12,2
Sensor MQ3	-----	Placa sensor de CO	-----	4	1	4
Cable (diversos colors)	NEDIS	Cable de 1-2 mm diàmetre	lsp-010	0,16€/m	7m	1,12
Placa circuit imprès	CEF	Placa per fer connexions.	CEF41	3,12	1	3,12
Estany	NORU	Estany 1mm	Re10100	6,08 (la bobina)	1/6	1,01
Connectors 4 pins	-----	Connectors del sensor i relès.	-----	0,05	2	0,1
Connector 3 pins	-----	Connector LCD	-----	0,05	1	0,05
Peça per grimpar	-----	Peça per unir el connector al cable	-----	0,02	10	0,2
Cargols 1,5mm	-----	Cargol per subjectar l'LCD al panell	-----	0,02	4	0,08

Treball de recerca

Cargols 2mm	-----	Cargols per subjectar la resta de components	-----	0,02	4	0,08
Femelles 1,5mm	-----	Femelles per subjectar.	-----	0,02	4	0,08
Femella 2mm	-----	Femelles per subjectar.	-----	0,02	4	0,08
Volandera 3mm	-----	Augmentar superfície de contacte	-----	0,03	8	0,24
Placa poliestirè 15x21 cm	Opitec	Placa per a fer el panell	op889542 b	1,34	1	1,34
Cost total matèries primeres:						60,93€

Taula5: Pressupost matèries primeres.

Aquest és el preu del prototip sense comptar les hores que cal per fer-ho, IVA... Ara toca calcular el preu real del producte si es vol vendre (PVP), amb un benefici baix, del 30%.

Cost sense augments (1 unitat)			
Tipus	Preu (€)	Quantitat	Preu total(€)
Matèries primeres	60,93	1	60,93
Mà d'obra	12€/h	6h	72
Cost màquines (amortització i energia consumida)	15€	-	15€
Preu final:			147,93€

Taula 5: Costos sense augments per a una unitat.

Amb l'increment dels beneficis, (30%) el preu seria: **211,33€**

Si tenim en compte l'IVA (21%) el preu PVP seria: **267,5€**

Cal tenir en compte que el preu de la instal·lació al compressor no entra en aquest preu PVP. Com podem veure, el preu que ens costa la seva fabricació pròpia és molt inferior al preu definitiu. Per això, a vegades surt a compte fer les coses per tu mateix (a més, suposa un gran aprenentatge).

Ara falta per veure la part de programació d'aquest controlador, per tal de poder realitzar

Treball de recerca

una càrrega segura (sense alts nivells de CO a l'aire) de forma automàtica.

La programació del xip: Software

Primer de tot, cal tenir una idea de les funcions que volem que faci el controlador. La seva funció ha de ser la següent: El sistema de càrrega (compressor) s'encén mitjançant un polsador (ON). Un cop s'ha encès, el sensor comença a mesurar el nivell de CO, i si el nivell que mesura és superior al nivell màxim permès, el controlador activa el primer relé i tanca la electrovàlvula (per evitar que surti l'aire de l'ampolla cap al compressor), i segons més tard, es desactiva el compressor i el sistema queda totalment aturat. Si no detecta un nivell superior de CO al permès, la càrrega de l'ampolla continua en funcionament fins a la pressió que nosaltres desitgem i tanquem el circuit de forma manual amb l'altre polsador (Off). A continuació veurem un esquema gràfic del procés:

Diagrama d'estats

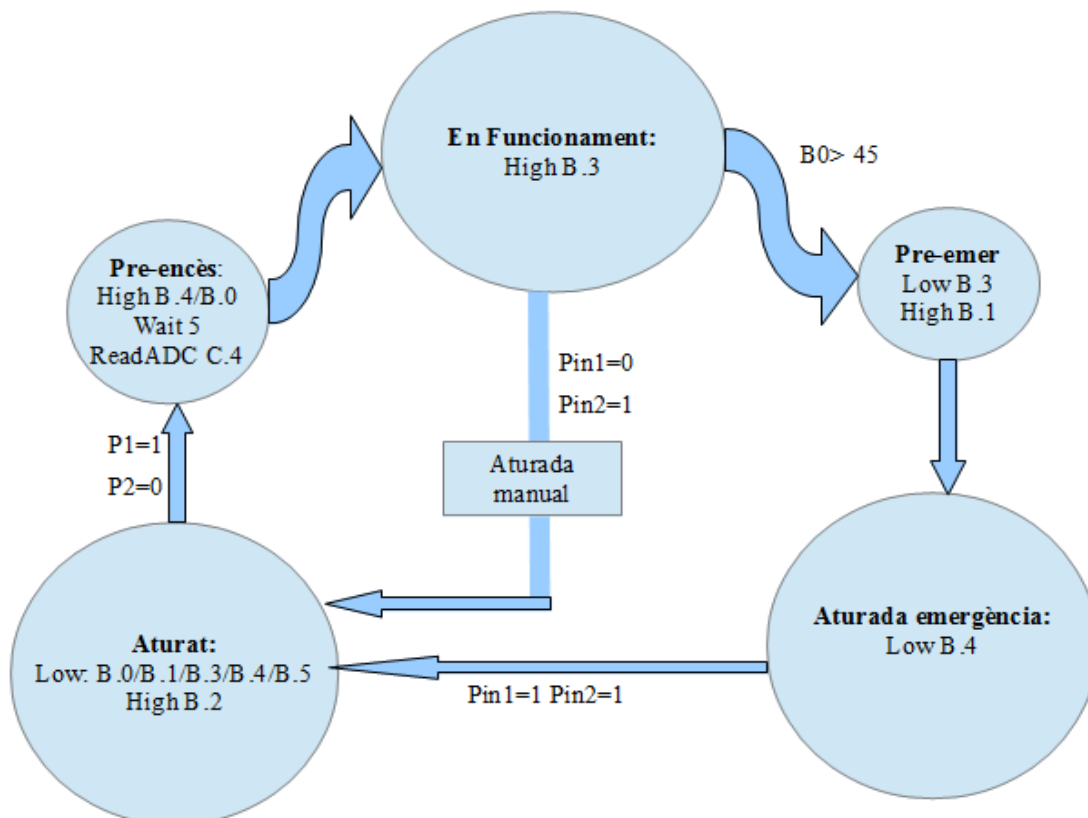


Fig disseny 6: Diagrama d'estats del controlador.

En aquest esquema gràfic, podem veure els passos que segueix el controlador. A l'estat

Treball de recerca

aturat, tenim el sistema apagat, i per indicar-ho, funciona únicament el led vermell(B.2). A l'estat pre-encès, ja s'ha pulsat el pulsador d'engegada (P1), i el sensor comença a llegir i emmagatzemar les dades a b0. Ara funciona el led verd (B.0), i s'encén el compressor (relé B.4) per que augmenti la pressió del tub de càrrega i no hi hagi un cop de pressió. Al cap de 5 segons, el sistema funciona completament ja que s'activa el segon relé (B.3) que obra la vàlvula d'entrada a l'ampolla. En aquest instant, es pot seguir carregant o tornar aturar el sistema si es desitja. Per fer la segona acció, cal prémer el pulsador P2. Si es segueix carregant i es detecta un nivell de CO superior al valor assignat (per posar un exemple, a la imatge hem posat que el valor màxim= 45), passa a l'estat pre-emergència. La electrovàlvula es tanca (canvia la posició del relé B.3), i s'encén el led d'emergència groc (B.1). Segons més tard, el sistema s'atura per complert quan es desactiva el segon relé (B.4) que atura el compressor. Per tornar a la situació inicial, cal prémer els dos pulsadors (P1 i P2) simultàniament, com a mètode de seguretat.

Cal dir que el valor que mesura el sensor de CO, no sabem exactament quines unitats són ja que no ho indica a cap lloc i no trobem cap taula on ho especifiqui. Com que no disposem més temps per a fer el treball, abans de muntar el sistema per carregar cal mesurar amb l'ajuda del sensor i de la pantalla LCD el valor de CO en condicions normals d'aquell lloc en concret, i posar un valor límit tenint en compte aquell valor en condicions normals (recomano que el límit sigui un 10% superior o menys al límit en condicions normals). A més, cada cert temps es deuria desconnectar el sensor, ja que si s'escalfa molt, es pot cremar. Aquest aspecte cal tenir-lo en compte, sobretot si es fan mesures prolongades. Jo no he tingut temps per fer-ho, però és una possible millora.

Cal afegir que el sensor mesura valors de CO cada cop més baixos a mesura que s'escalfa. Tot i això, arriba un punt en que s'estabilitza, i per això recomano deixar escalfar el sensor 2 minuts abans de fer mesures.

El temps d'espera entre l'activació d'un relé i l'altre és degut a que si el compressor rep l'aire a alta pressió de l'ampolla quan encara no s'ha encès es trenca per el simple fet de que hi ha una gran diferència de pressions i l'aire surt a gran velocitat.

Un cop hem vist això, toca veure el diagrama de flux, que ens mostra pas per pas quines possibilitats es poden donar al nostre programa (Veure'l a la pàgina següent).

Diagrama de flux

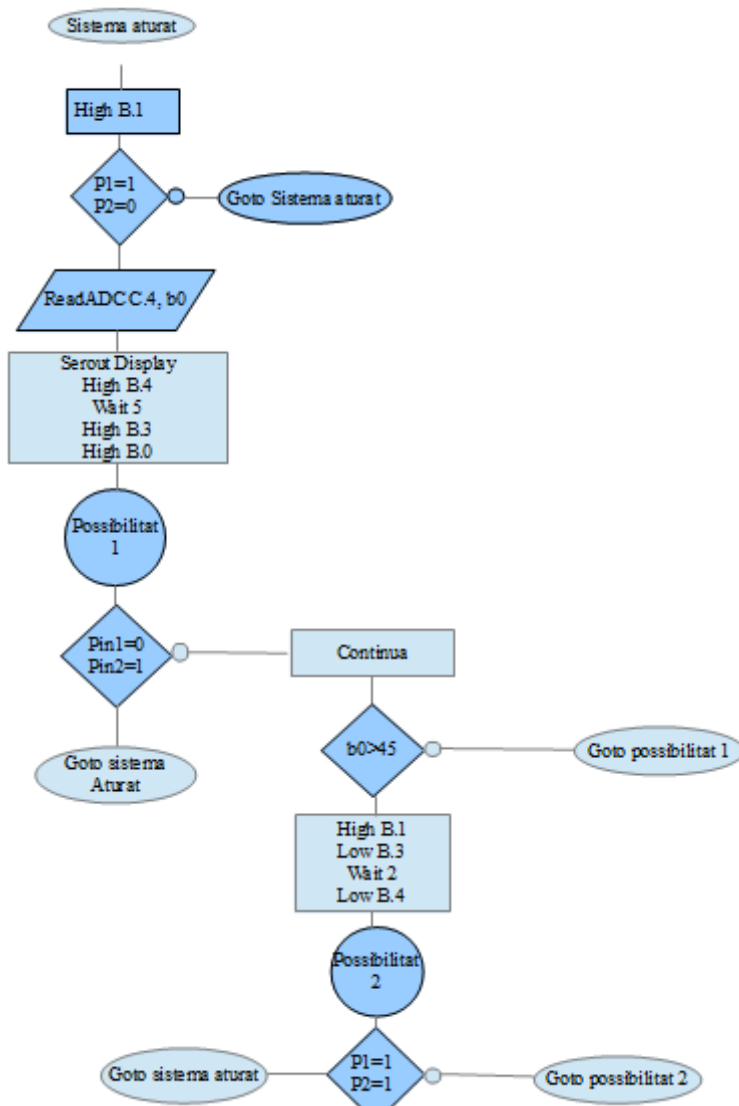


Fig disseny 7: diagrama de flux del programa del controlador.

Aquest és el diagrama a partir del qual desenvoluparem el programa amb l'ajut del PICAXE Programming Editor i el cable de programació (Si s'utilitza sistema Windows, també cal descarregar el programa per poder utilitzar el cable de programació.)

El temps d'espera entre l'activació dels 2 Relés (Wait X), pot variar segons el nostre interès.

A continuació mostraré alguns programes útils per al controlador:

Programes útils:

- Programa que he dissenyat per veure si funciona el sensor i la pantalla d'LCD:

serout B.5, N2400, (254,1) : aquesta ordre neteja la pantalla

pause 30

bucle:

readadc C.4, b0 : Lectura del sensor, i emmagatzematge de dades a B0

serout B.5,N2400, (254,128) : Escriure a la primera fila de la pantalla.

serout B.5,N2400, ("lectura CO") : Escriure la frase "lectura CO" a la pantalla (1ª fila)

serout B.5,N2400, (254,140) : Moure's 12 posicions a la dreta de l'inici

serout B.5,N2400, (#b0) : Escriure el valor que marca el sensor

pause 500

goto bucle : Tornar a l'inici per refrescar la pantalla i veure el nou valor.

-Programa que he dissenyat per fer funcionar el controlador (poden haver-hi modificacions).

Symbol P1=PinC.0 ; P1 és el polsador 1

Symbol P2=PinC.2 ; P2 és el segon polsador

High B.3 ; apagar la llum dels relés, ja que tenen un sistema invertit.

High B.4

serout B.5, N2400, (254,1); Esborrar la pantalla

pause 30

inici:

Low B.0

High B.2

High B.3

wait 2

high b.4

serout B.5, N2400, (254,1); tornar a esborrar perquè dona error a vegades.

pause 30

Treball de recerca

Aturat:

```
readadc C.4, b0 ;  
serout B.5,N2400, (254,128)  
serout B.5,N2400, ("lectura CO")  
serout B.5,N2400, (254,140)  
serout B.5,N2400, (#b0)
```

```
pause 500
```

```
High B.2 ; aturem tots els dispositius que ho han d'estar.
```

```
Low B.0
```

```
Low B.1
```

```
High B.3
```

```
High B.4
```

```
If P1=1 and P2=0 then ; P1 s'activa, s'inicia la càrrega.
```

```
goto Carrega
```

```
elseif b0>60 then ; si es detecta un nivell superior, no es permet la càrrega
```

```
goto Emergencia
```

```
else
```

```
goto aturat
```

```
endif
```

Carrega:

```
readadc C.4, b0  
serout B.5,N2400, (254,128)  
serout B.5,N2400, ("lectura CO")  
serout B.5,N2400, (254,140)  
serout B.5,N2400, (#b0)
```

```
low B.2
```

```
high b.0
```

```
low b.4 ; es canvia la posició per encendre el compressor
```

```
wait 2
```

```
low b.3 ; s'obre la electrovàlvula
```

Treball de recerca

```
If P1=0 and P2=1 then ; aturar el sistema quan s'acaba la càrrega
goto inici
elseif b0>60 then ; atura d'emergència per nivells alts de CO
goto Emergencia
else
goto Carrega
endif
```

Emergencia:

```
readadc C.4, b0
serout B.5,N2400, (254,128)
serout B.5,N2400, ("lectura CO")
serout B.5,N2400, (254,140)
serout B.5,N2400, (#b0)
```

```
low B.0
low B.2
high b.1
high b.3
wait 2
high b.4
```

```
if P1=1 and P2=1 then
goto aturat
else
goto Emergencia
endif
```

Com ja hem comentat anteriorment, aquest programa permet el funcionament desitjat del controlador. Ja està comentat en apartats anteriors, i aquí podem veure algun petit comentari a cada línia.

Amb això acabem la construcció i el disseny d'aquest controlador.

Annex 1: Els inicis i l'equip bàsic:

1. Com comença tot?

Des de fa molt temps, les persones han volgut introduir-se dins les aigües marines i poder saber quins misteris amaga. Fins fa poc, el submarinisme era una pràctica molt perillosa ja que no s'havia investigat prou i els equips que s'utilitzaven eren molt rudimentaris. El busseig principalment s'utilitzava per guanyar diners, amb els tresors enfonsats, l'explotació del coral... I per accions militars les quals requerien aquesta pràctica. El busseig com a esport o simplement com a pràctica recreativa va néixer més tard.

La primera invenció va ser al S XVIII. Van crear l'escafandre i el casc que permetia als



Fig 1. : Busseig amb escafandra.

[Sens_2012]

submarinistes poder respirar aire de la superfície a profunditats considerables. El major problema que suposava aquest equip era la limitació de mobilitat per part del submarinista, ja que es mantenia connectat amb l'aire de l'exterior mitjançant una mànega, i per tant no disposava de tota la llibertat que desitjava, no podia anar on ell volia i era necessària una molt bona coordinació amb la tripulació del vaixell. A més, els equips eren molt pesats ja que el materials principals que s'utilitzaven eren una lona que recobria tot el cos, cautxú que impermeabilitzava el vestit i un casc per on el submarinista rebia l'aire que era de metall especial.

A partir d'aquest moment, van començar a buscar possibles solucions a aquest problema, i a intentar que el busseig fos una activitat molt més lliure, que no necessités cap mena de lligam amb la superfície.

Els primers prototips van ser un fracàs. El regulador autònom (que permetia al submarinista respirar l'aire d'una ampolla que portava sota l'aigua) que van inventar funcionava bé sempre i quan el submarinista estigués en posició horitzontal respecte el fons marí, si es posava en posició vertical, el regulador deixava escapar l'aire sense cap mena de resistència.

La gran millora va arribar quan Cousteau i Gagnan, dos dels grans innovadors d'aquest

Treball de recerca

“esport”, van veure el que li succeïa a aquell regulador i van decidir millorar-ho.

Al 1943 van acabar el prototip i el van provar immediatament aconseguint uns resultats perfectes. El nou regulador no deixava escapar l'aire i possibilitava una perfecta respiració de l'aire a alta pressió de l'ampolla.

El busseig es va començar a realitzar d'una forma molt més lliure gràcies al regulador Cousteau-Gagnan i a la millora de les ampolles d'aire comprimit. La combinació d'aquests dos invents va fer possible que el submarinista no hagués d'estar connectat amb la superfície i pogués realitzar les activitats desitjades d'una forma molt més còmoda.



Fig 1.1: Regulador Cousteau-Gagnan.

[RD_2012]



Fig 1.2: Regulador actual.

[EB_2012]

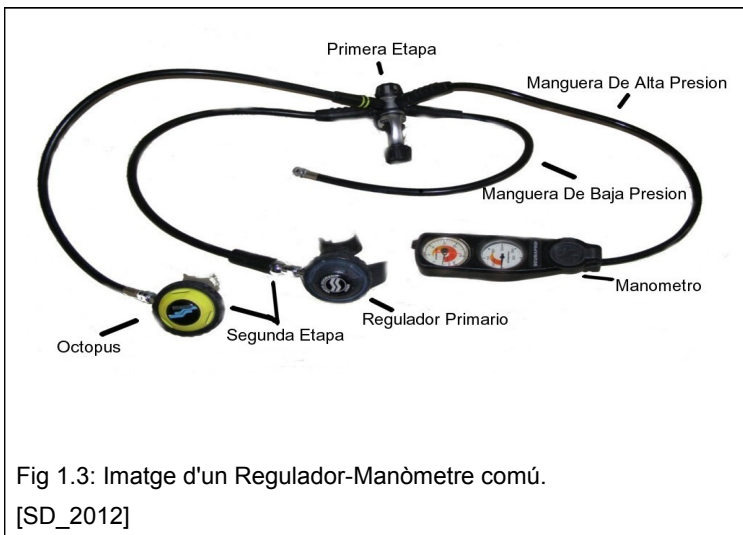
Aquestes innovacions van estar tant ben fetes que pràcticament no ha calgut modificar-les fins avui dia. La major diferència que presenta l'equip antic respecte l'equip actual és que el regulador Cousteau-Gagnan és un regulador format per dos tràquees (tub que guia l'aire de l'ampolla a la boca) i els reguladors d'avui dia només tenen una tràquea.

1.2. Com és l'equip actual?

Cal dir que els equips actuals són molt més segurs que els de fa 50 anys. Tots els seus components han sigut millorats amb el temps, com és lògic, i els seus preus s'han anat reduint amb la creació de noves marques i fàbriques especialitzades. Principalment un equip de submarinisme actual esta format com a mínim per aquests components:

Ampolla de submarinisme: Ampolla de metall de volums diferents que permet emmagatzemar aire a alta pressió al seu interior de forma segura sense que hi hagin pèrdues. Té un bon sistema d'aïllament ja que la major part de l'ampolla és un recipient metàl·lic sense obertures, i les sortides d'aire es tanquen mitjançant un sistema simple de rosca i unes juntes tòriques de plàstic. Solen estar pintades de colors especials, depenent de quin tipus de gas continguin al seu interior.

Regulador-Manòmetre: Conjunt de mànegues de alta i baixa pressió que permeten al submarinista respirar, tenir una segona font d'aire d'emergència (Òctopus), saber la pressió de l'aire interior de l'ampolla (manòmetre) i omplir d'aire el jacket o l'armilla hidrostàtica (que permet regular la teva flotabilitat un cop estàs submergit). Les mànegues



tenen diferent pressió segons l'acció que hagin de realitzar. La mànega de baixa pressió s'encarrega d'omplir el jacket. La mànega d'alta pressió és la mànega que va al manòmetre ja que cal saber la pressió màxima d'aire que es disposa. Les altres dos mànegues restants son les quals tenen la pressió més baixa ja que son les que ens conduiran l'aire que

respirem. Per poder fer-ho, calen dues etapes per reduir la pressió: la primera es fa tot just quan l'aire entra, i la segona es fa al propi regulador.

Jacket o armilla hidrostàtica: És una armilla molt útil per al submarinista. Primer de tot

Treball de recerca

cal dir que és l'aparell encarregat de subjectar l'ampolla per poder-la dur al nostre cos. Té dues ases per on s'introdueixen els braços, i una faixa que ajusta la mida de la cintura. A



més a més, el jacket és l'encarregat de mantenir la nostra flotabilitat sota l'aigua tal i com nosaltres desitgem. Sota l'aigua un cop portem tot l'equip i els ploms, tendim a enfonsar-nos, i per tant hem d'omplir el jaquet d'aire per tal de perdre densitat i poder flotar. Disposa de cambres d'aire situades per tot l'espai que ocupa, i mitjançant la tràquea, que és un tub de plàstic connectat a l'ampolla i al jacket on hi han les dues vàlvules encarregades de deixar passar l'aire de l'ampolla i deixar sortir l'aire del jacket, podem regular aquestes cambres d'aire per aconseguir el que se'n diu flotabilitat neutre¹¹. A més, el jacket té moltes

butxaques i llocs on poder lligar i guardar coses, ja que sota l'aigua és molt important saber on està tot i on poder-ho trobar ràpidament.

Vestit de submarinisme: El vestit de submarinisme és un element molt important ja que protegeix al bussejador del fred i evita que prengui mal pel fregament que provoca el jacket o qualsevol altre cosa ja siguin pedres, corals, meduses...

Hi han tres tipus de vestits:

-Vestit humit: És utilitzat en aigües calentes, on no se sol passar fred. És prim i deixa passar l'aigua

-Vestit semisec: És utilitzat en aigües més fredes. L'aigua pot entrar però mitjançant unes juntes de neoprè s'evita que aquesta torni a sortir, i per tant acaba escalfant-se.

-Vestit sec: És utilitzat en aigües molt fredes, i sobre tot al hivern. No deixa passar gents d'aigua, i el submarinista sol anar vestit amb roba quan l'utilitza. Són d'una tecnologia força avançada, utilitzant materials com el neoprè o d'altres plàstics en cara més aïllants segons l'aplicació específica de cada vestit.

11 Flotabilitat neutre: Veure a l'annex 2: conceptes bàsics

Equipament menys específic: Dins d'aquest apartat trobem utensilis més comuns que acaben de complementar l'equipament del submarinista:

-Ulleres de bussejar: Són ulleres grans, amb un vidre dur que cobreixen la major part de la cara, incloent-hi el nas que permeten veure clarament sota l'aigua.

-Peus d'ànec: Permeten al submarinista desplaçar-se a una velocitat considerable, ja que cal recordar que amb tot l'equip que es porta sota l'aigua es crea una resistència molt gran.

-Peücs: Serveixen per cobrir els peus del submarinista.

-Ganivet: És un ganivet especial que no s'oxida. Serveix per tallar alguna corda, fer un forat... En definitiva, evitar que el submarinista quedi atrapat a alguna corda o xarxa i no pugui pujar a la superfície.

-Taules o ordinador de mà: Permeten saber el temps de descompressió que cal fer segons la profunditat on s'hagi arribat i el temps que s'hi hagi estat. Cal dir que l'ordinador és molt més precís, i ha sigut una de les grans millores pel que fa l'àmbit de la seguretat sota l'aigua.

-Brúixola: Serveix per orientar-se sota l'aigua, ja que és molt fàcil perdre el rumb. Cal saber sempre on es va, i buscar elements de referència per trobar el camí de tornada si hi han problemes amb la brúixola.

-Cinturó de ploms: És un cinturó que té peces de plom al seu voltant, Serveix per donar un pes extra al submarinista, ja que l'equip tendeix a flotar a l'inici de la immersió, i sense els ploms és molt costós submergir-se.

Annex 2:

2.1 Conceptes teòrics

Flotabilitat neutre:

La millor forma d'estar sota l'aigua és mantenir el cos en flotabilitat neutre. D'aquesta forma, quedes flotant allà on vols, sense ascendir ni descendir. Per aconseguir-ho cal regular el volum de l'aire de les cambres del Jacket. Sempre que guanyem o perdem profunditat, hem d'introduir o deixar anar l'aire del Jacket per tal de mantenir aquesta flotabilitat. Això succeeix perquè si guanyem profunditat, el volum dels gasos disminueix (els que hi han a la cambra del Jacket), reduint alhora la nostra densitat i per tant passarem a enfonsar-nos. Per rectificar aquest fet, hem de tornar a guanyar volum, i per tant hem d'inflar una mica més les cambres d'aire. Si en comptes de guanyar perdem profunditat, el volum dels gasos augmenta, augmentant alhora la nostra densitat i provocant un ràpid ascens cap a la superfície. És una de les coses més perilloses, ja que sense voler pugues cada cop més ràpid sense donar temps al teu cos a descomprimir-se. L'única forma d'evitar aquest brusc ascens, és desinflant el Jaquet a mesura que anem pujant.

Pressió parcial d'un gas:

És la pressió que tindria un gas si s'eliminassin tota la resta de components que formen la mescla i no hi hagués canvi de temperatura. La seva unitat serà majoritàriament Atmosferes o Bars. Quan es parla en general de la pressió parcial, no es diuen les unitats que corresponen. En aquest cas, es pren com a unitat Atmosferes o Bars (es poden dir però no és necessari).

Ex: Tenim una ampolla d'aire comprimit a 10 metres de profunditat. La Pressió que hi ha és de 2 atmosferes, i tenim un 21% d'oxigen. La seva pressió parcial serà de 0,42(No cal indicar que són atmosferes ni bars).

La pressió parcial d'un gas augmenta quan se sotmet a una pressió més elevada que l'anterior. Per calcular-la, cal tenir en compte ens següents aspectes: La pressió que hi ha

Treball de recerca

a l'indret on es troba el gas, i el percentatge de volum d'aquest gas que ocupa a la mescla. El percentatge ha de ser donat en tant per 1, (un 20% correspondrà a un 0,2). La pressió ha d'estar en atmosferes o bars. La pressió parcial d'un gas de la mescla serà:

$$pp = \% (\text{tant per u}) \times p$$

pp= Pressió parcial

%= volum que ocupa el gas en tant per u

p= pressió exterior (del lloc en es troba el gas).

Busseig tècnic:

També conegut com busseig Tech, és una forma de busseig que no té una definició massa clara. Es pot dir que per realitzar aquest tipus de busseig, cal un equip molt complex i un curs especial. Es solen utilitzar mescles de gasos com el Trimix o l'Hèliox. El busseig amb Rebreather també està considerat com busseig tècnic. Cal planificar la immersió i calcular les descompressions abans de fer-la.

2.2 Altes gasos importants

L'oxigen pur:

L'oxigen pur és un gas força utilitzat. Aquest gas es pot respirar com a màxim a 6 metres de profunditat (com que ocupa el 100%, la pressió parcial a 6 metres és d'1,6 atmosferes). La seva funció és eliminar temps de descompressió. Quan el submarinista puja cap a la superfície, agafa aquesta ampolla que ha deixat penjant a menys de 6 metres i la utilitza per respirar. Com que està formada per oxigen pur, no té gents de nitrogen ni heli, i per tant el cos no absorbeix cap gas que augmenti el temps de descompressió. En aquesta situació, el cos del submarinista té més facilitat per extreure els gasos saturats (nitrogen o heli) i per tan el temps d'espera és menor.

Conclusions

El treball de recerca ha sigut, de moment, la tasca més dura que he hagut de superar. Aquesta dificultat, ha produït els seus beneficis. La sensació de superació que s'obté quan tens el dossier a la mà, enquadernat i a punt per lliurar, no té preu. Quan veus que el teu esforç et recompensa amb bons resultats, et sents motivat per seguir endavant, una mica més, i poder acabar la feina que vas començar ja fa temps.

Gran part dels meus objectius s'han complert tal i com jo desitjava. Pel que fa la memòria, ha sortit un bon treball. Les hores invertides no han sigut en va, i he pogut construir el controlador de monòxid de carboni. He hagut de refer moltes coses, solucionar molts errors... per poder arribar al resultat final. Primer de tot, funciona. Està programat i preparat per utilitzar. El problema és que no disposem de cap compressor per poder-lo instal·lar, així que fem les proves i demostracions amb un altre sistema. Segon, he pogut crear un panell per poder fixar tots els components, tal i com volia fer des de l'inici. Finalment, he après molt sobre el món de la programació i l'electrònica, que també era un dels meus propòsits.

Pel que fa a la part més teòrica del submarinisme, he augmentat el meu coneixement sobre aquest món, un món ple de misteris, i he sigut capaç d'assimilar i poder explicar les diferents mesclures de gasos i les millores actuals. Conèixer més sobre el sistema més avançat que existeix actualment (el Rebreather) ha sigut molt interessant. Però el meu gran propòsit era poder fer veure a la gent la grandesa d'aquesta pràctica, la complexitat de l'equip, els riscos que suposa cada immersió, les millores, la preparació necessària que cal fer tant fora de l'aigua com un cop ens hem submergit... En definitiva, una sèrie de coses que fan que aquesta pràctica sigui especial.

Al llarg del treball, ha calgut superar diversos contratemps. Vaig haver de canviar-me l'ordinador i instal·lar tot de nou, no funcionava el corrector... Però com gran part de les coses a la vida, si un s'hi esforça pot superar aquest obstacles, i continuar endavant.

La gran dificultat ha sigut la falta de temps. A segon de batxillerat, no hi ha quasi gents de temps lliure, i cal fer un sacrifici, i deixar de fer algunes coses per tal d'avançar feina.

Per acabar, vull dir que per mi, ha sigut una gran experiència, i que segurament, en un futur no massa llunyà, hauré de superar altres reptes com aquest.

Agraïments:

Aquest treball no hagués sigut tan agradable de dur a terme sense l'ajut o la companyia de certes persones.

Primer de tot, vull donar les gràcies al meu tutor, en Jordi Orts. Sense la seva ajuda no hagués sigut capaç de realitzar el controlador, ni trobar els materials per fer-ho. A més, ell va ser qui em va ajudar a desenvolupar la idea per encaminar el projecte. Gràcies per guiar-me i ajudar-me sempre que ho he necessitat, per facilitar-me informació per poder seguir endavant i per revisar-me el projecte tants cops com ha sigut necessari.

En segon lloc, vull donar les gràcies als meus companys de grup: l'Hèctor, el Ken, el Sergio i el Víctor. Sense ells, l'estància al taller no hagués sigut igual d'entretinguda. A més, ens hem ajudat mútuament alhora de soldar components, crear plaques...

En tercer lloc, vull donar les gràcies a la meva família, que m'ha ajudat sempre que ho he necessitat, m'han aportat informació, suport... Sobretot, tot i que no necessités ajuda en forces aspectes, sempre s'han ofert voluntaris.

També volia donar les gràcies a la meva primera tutora, l'Empar, que em va donar idees, i em va guiar abans de començar l'estiu.

Finalment, voldria agrair l'ajut dels meus amics, molts d'ells també han fet aquest treball, que han llegit el treball per buscar errades, m'han comentat aspectes que no coneixia, m'han donat suport i energia per seguir endavant...

Aquest treball va dedicat a tots els que m'heu ajudat i acompanyat durant aquest viatge, i també per un gran submarinista i pioner en la utilització del Rebreather, en Jordi Mateo, que desgraciadament, ja no està amb nosaltres.

Mai ens podem confiar massa de les coses, ja que la confiança moltes vegades és la causa dels nostres errors.

Albert Oromí.

Tutoritzat per: Jordi Orts.

Bibliografia

[NT_2013]

Fotografia de la mescla continua Nitrox. Extreta de la web Nauitec
<http://www.nauitec.com/llewocsis.html> En Anglès (11/1/2013)

[TH600_2013]

Fotografia del tri Hunter. Extreta de la web Tri Hunter 6000.
<http://trihunter6000.com/how> En Anglès(11/1/2013)

[BM_2013]

Imatge circuit rebreather. Extret de la web Bishopmuseum.
<http://www.bishopmuseum.org/research/treks/palautz97/rb.html> En anglès (11/1/1013)

[Sens_2012]

Fotografia del busseig amb escafandra. Extreta de la web Sensaciones.
http://www.sensaciones.org/historia_del_buceo.htm. En castellà (11/1/2013)

[RD_2012]

Fotografia del regulador Cousteau-gagnan. Extreta de la web Retrodive.
<http://retrodive.blogspot.com.es/2010/08/acualung-royal-mistral-una-joya-del.html>
En castellà (11/1/2013)

[EB_2012]

Fotografia del regulador actual. Extreta de la web Escuelasbuceo.
<http://www.escuelasbuceo.com/regulador-buceo.html> En castellà (11/1/2013)

[SD_2012]

Fotografia d'un regulador-manòmetre. Extret de la web ScubaDivingfanClub.
http://www.scubadivingfanclub.com/Regulador_De_Buceo.html En castellà (11/1/2013)

Treball de recerca

[Sens2_2012]

Fotografia d'un jacket. Extreta de la web Sensaciones.

http://www.sensaciones.org/elequipo/equipo_de_buceo_2.htm En castellà (11/1/2013)

[14M2_2013]

Imatge del PICAXE 14M2. Extrets de la web Picaxe.

www.picaxe.com En anglès (1/11/2013)

[OLED_2013]

Imatge de la placa AXE133 desmuntada. Extreta de la web Picaxe.

[Www.picaxe.com](http://www.picaxe.com) En anglès (1/11/2013)

[OLED2_2013]

Imatge de la placa AXE133 muntada. Extreta de la web Picaxe.

[Www.picaxe.com](http://www.picaxe.com) En anglès (17/11/2013)

WEBS VISITADES:

Wikipèdia:

-Llei gasos ideals: http://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_los_gases_ideales (11/1/2013)

-busseig tècnic: http://es.wikipedia.org/wiki/Buceo_t%C3%A9cnico (2/1/2013)

-Trimix: [http://en.wikipedia.org/wiki/Trimix_\(breathing_gas\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Trimix_(breathing_gas)) (2/1/2013)

Altres webs

-nitrox: <http://seamarazul.blogspot.com.es/2007/12/buceo-con-nitrox.html> (2/1/2013)

-hèliox: ajoelagua.com/articulos/buceo/618.htm (2/1/2013)

-SNAP: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2480192> (2/1/2013)

-PICAXE: www.picaxe.com

Altres fonts d'informació:

-Llibre: *Oxygen Hacker's Companion*, de Vance Harlow, editorial: AIRSPEED PRESS, última edició al 2009.

Treball de recerca