

Inversió algorítmica al mercat de divises

Curs 2019, 2n de batxillerat

Tutor: Carlos García
Alumne: Miquel Muñoz

Índex

1. Introducció.	pàg. 4
2. Mercats financers.	pàg. 5
2.1 Funcions dels mercats financers.	pàg. 6
2.2 Classificació dels mercats financers.	pàg. 6
2.2.1 Segons l'actiu o l'instrument financer.	pàg. 6
2.2.1.1 Mercat monetari.	pàg. 7
2.2.1.2 Mercat de capitals.	pàg. 7
2.2.2 Segons la fase de negociació.	pàg. 7
2.2.2.1 Mercat primari.	pàg. 7
2.2.2.2 Mercat secundari.	pàg. 7
2.2.3 Segons l'estructura.	pàg. 7
2.2.3.1 Mercat organitzat.	pàg. 7
2.2.3.2 Mercat no organitzat.	pàg. 7
3. Mercat de divises (Forex).	pàg. 8
3.1 Factors que afecten la cotització de les divises.	pàg. 9
3.1.1 Factors polítics	pàg. 9
3.1.1.1 Política governamental.	pàg. 9
3.1.1.2 Política econòmica.	pàg. 10
3.1.1.2.1 Política exterior.	pàg. 10
3.1.1.2.2 Política monetària.	pàg. 11
3.1.1.2.3 Política fiscal.	pàg. 11
3.1.2 Factors econòmics.	pàg. 11
4. Inversió algorítmica.	pàg. 12
4.1 Context històric i situació actual.	pàg. 12
4.2 Inversió d'alta freqüència (<i>High-Frequency Trading</i>).	pàg. 13
4.2.1 <i>May Flash Crash</i> .	pàg. 14
5. Anàlisi del mercat de divises.	pàg. 15
5.1 Anàlisi fonamental.	pàg. 15
5.2 Anàlisi tècnica.	pàg. 15
5.2.1 Tendències.	pàg. 16
5.2.2 Indicadors tècnics.	pàg. 17
5.2.2.1 Oscil·ladors.	pàg. 17
5.2.2.2 Indicadors de tendència.	pàg. 18
5.2.2.3 Indicadors de volum.	pàg. 19
6. Part pràctica	pàg. 20
6.1 Plataformes d'inversió.	pàg. 20
6.2 Bandes de Bollinger.	pàg. 23
6.2.1 John Bollinger.	pàg. 23
6.2.2 Explicació matemàtica.	pàg. 23

Inversió algorítmica al mercat de divises

6.3 Desenvolupament de l'algoritme	pàg. 25
6.4 Resultats.	pàg. 26
6.5 Observacions.	pàg. 27
6.6 Punts a millorar.	pàg. 28
7. Conclusions finals.	pàg. 29
8. La meva experiència i per què vaig triar aquest tema.	pàg. 30
9. Annexos.	pàg. 31
9.1 Resultats de l'algoritme.	pàg. 31
9.2 Codi font de l'algoritme.	pàg. 45
10. Bibliografia.	pàg. 46

1. Introducció

El meu treball de recerca es titula *Inversió algorítmica al mercat de divises*. La finalitat d'aquest es basa en desmentir l'escepticisme que encara avui dia té aquesta tècnica d'inversió per part d'una gran part de la població i alguns economistes.

El treball de recerca busca arguments per demostrar que aquesta tècnica és igual o més important per obtenir guanys als mercats financers que la tècnica d'inversió basada en l'anàlisi convencional o fonamental (explicada al punt 5.1), la qual és la més coneguda popularment.

Per fer-ho possible el treball consta de punts com: explicació de diversos conceptes teòrics (funcionament dels mercats financers, el mercat de divises, inversió algorítmica, etc.), indicadors tècnics per a dur a terme estratègies de mercat (tendències, oscil·ladors, indicadors de tendència, indicadors de volum, etc.) i finalment la part pràctica. Aquesta consisteix en la creació d'un algoritme (a partir de la informació recollida anteriorment) i de l'avaluació de rendiment consegüent (després de posar-lo en funcionament a partir d'un programa complementari que faciliti la introducció d'aquests algoritmes al mercat de manera automàtica).

La majoria de la gent encara no coneix els avenços tecnològics que s'han dut a terme a la borsa i fins i tot, alguns economistes amb els quals he tingut l'oportunitat de parlar al programa *Bojos per l'Economia*, són bastant escèptics pel que fa als indicadors tècnics i en conseqüència a la inversió algorítmica. Per tant, va ser un repte per a mi intentar demostrar que es poden obtenir beneficis significatius a l'operar mitjançant algoritmes automatitzats. És a dir, sense que una persona hagi d'estar pendent del funcionament dels mateixos.

La motivació que tinc envers el treball ve donada bàsicament per la meva passió per les matemàtiques i l'economia però sobretot per l'àmbit dels mercats financers. Aquest interès va començar quan tenia uns deu o onze anys en veure als diaris i als telenotícies l'anomenada *borsa*. Un àmbit incompreensible aleshores però que gràcies al programa de *Bojos per l'Economia* que he realitzat a la Universitat Pompeu Fabra durant aquest 2019 m'ha donat l'oportunitat de tastar les finances i també, animar-me a emprendre i realitzar aquest treball de recerca.

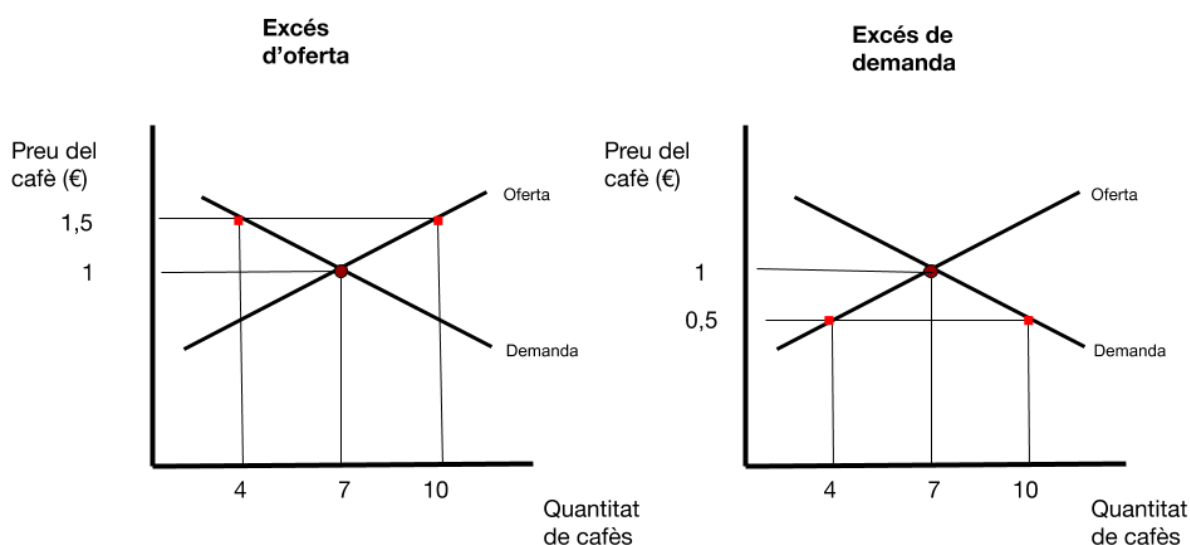
Vaig tenir l'oportunitat d'assistir a classes i parlar amb una dotzena d'economistes de la UPF als quals vaig comentar el contingut del meu treball de recerca. El fet és que cap dels professors amb qui vaig parlar era especialista en el tema en qüestió. De fet, buscar amb el Zoel Martín, l'eficient coordinador del programa de *Bojos per la ciència* i professor de la UPF, algun article o estudi sobre inversió algorítmica dels professors de tota la universitat va resultar una tasca molt complicada.

No cal dir que aquest desconeixement social i l'escepticisme que suscita entre els especialistes aquesta tècnica ha estat el gran esperó que m'ha portat a realitzar treball de recerca. Això deixa obert un nínxol de coneixement prou interessant.

2. Mercats financers

En economia, un mercat financer és un espai físic o virtual en el qual es facilita l'intercanvi d'actius financers (divises, accions, criptomonedes, etc.) entre agents econòmics (venedors i compradors). Es defineix d'aquesta manera el valor de l'actiu financer, és a dir el preu, de manera bidireccional amb **el principi de l'oferta i la demanda**. Per tant aquest principi regularà el preu i viceversa. Per entendre-ho més clar, considerem dos mercats on el **Mercat 1** té un preu fix i el **Mercat 2** té uns agents econòmics fixos. Si en el *Mercat 1* el preu més és alt que punt d'equilibri hi haurà menys oferta però si en el *Mercat 2* hi hagués més compradors que venedors (més demanda que oferta) el preu estaria per sota del punt d'equilibri.

I és que aquest és el principi bàsic pel qual es basa qualsevol economia de qualsevol mercat financer. El principi estableix la relació entre la demanda d'un actiu financer i la quantitat que s'ofereix per l'actiu en qüestió.



Exemple del principi de l'oferta i la demanda en un mercat no financer per clarificar el concepte. Gràfic creat amb *Dibuixos de Google*.

El punt vermell fosc és la referència i s'anomena punt d'equilibri (és causat per la mateixa quantitat d'oferta que demanda). Així doncs, un preu per sobre del punt d'equilibri serà **excessiu** i un preu per sota serà **escàs**.

A la primera imatge com que el preu de mercat d'1,5 € és superior al d'equilibri, la quantitat que s'ofereix (10 cafès) és més gran que la demanda (4 cafès). Els venedors tracten d'augmentar les seves vendes abaixant el preu del cafè arribant així, al punt d'equilibri. A la segona imatge el producte escau. Com el preu de mercat de 0,5 € és inferior al d'equilibri, la quantitat demandada (10 gelats) és superior a la quantitat que s'ofereix (4 gelats). Com que hi ha massa compradors per béns, els venedors poden aprofitar-se que el producte

Inversió algorítmica al mercat de divises

escau apujant el preu. Per tant, en els dos casos, l'ajust dels preus porta el mercat cap al punt d'equilibri de l'oferta i la demanda.

2.1 Funcions dels mercats financers

Les funcions dels mercats financers són molt àmplies i nombroses però aquestes són les principals.

1. La primera, explicada anteriorment, és **posar en contacte** als agents que participen en la negociació. És a dir, facilitar a les empreses, els agents especialitzats i els intermediaris financers la via perquè puguin formalitzar les operacions del negoci en qüestió.

2. El mercat financer és el mecanisme adequat per **fixar el preu dels actius**. Aquest aspecte es dóna preferentment als mercats de negociació (secundaris, punt 2.2.2.2). En aquests mercats convergeixen els compradors i venedors d'actius. Fruit d'això, es determina el preu sense que en cap cas un individu particular tingui la possibilitat d'imposar-lo.

En canvi en els mercats d'emissió (primaris, punt 2.2.2.1) els actius financers es posen en circulació per primer cop. D'aquesta manera els preus se solen establir a partir de les referències que proporciona el mercat.

3. Una funció primordial dels mercats financers és **proporcionar liquiditat** als actius (la qualitat dels actius per a ser convertits en diners efectius de forma immediata sense pèrdua significativa del seu valor).

4. L'última, però no menys important, funció dels mercats és aconseguir **agilitzar les operacions** i reduir els costos d'aquestes a xifres raonables i assumibles pels participants.

És a dir, convé que els costos de les operacions (comissions) siguin baixes i que els mercats siguin àgils: que el període de temps entre que s'acorda la negociació i es liquida totalment sigui el més breu possible.

2.2 Classificació dels mercats financers

(Classificació segons l'Institut Europeu de Postgrau).

2.2.1 Segons l'actiu o l'instrument financer

El mercat de divises podria formar part d'aquest punt però té un apartat sencer donat que l'algoritme financer entra en funcionament en el mercat en qüestió (punt 3).

Inversió algorítmica al mercat de divises

2.2.1.1 Mercat monetari

En aquest tipus de mercats s'intercanvien diners o altres actius financers entre grans empreses industrials o entitats financeres amb solvència a curt termini (no sol sobrepassar divuit mesos), a baix risc i amb una alta liquiditat.

2.2.1.2 Mercat de capitals

Es negocien actius financers (principalment accions) amb venciment a mitjà i llarg termini. Aquests períodes són fonamentals per alguns processos d'inversió. Es pot dir que constitueix un mecanisme d'estalvi i inversió pels inversors a més de proporcionar liquiditat.

2.2.2 Segons la fase de negociació

2.2.2.1 Mercat primari

Es treballa amb actius financers de nova creació que són transmesos directament pel seu emissor. Els oferents dels actius són les entitats necessitades de recursos financers que acudeixen al mercat per emetre els actius. Per l'altra banda trobem els inversors. Aquests, excedents de recursos financers, acudeixen a aquest mercat per adquirir actius.

2.2.2.2 Mercat secundari

En aquest mercat s'intercanvien actius financers que ja existeixen. És a dir, van ser emesos en un moment anterior al mercat primari o bé procedeixen del mercat secundari. En aquest criteri de classificació (2.2.2 Segons la fase de negociació) es podria fer un paral·lelisme amb els anomenats productes nous (mercat primari) i els de segona mà (mercat secundari).

2.2.3 Segons l'estructura

2.2.3.1 Mercat organitzat

L'exemple més clar és la borsa. Consisteix en un mercat financer estructurat en què s'uneixen professionals del sector. Aquests tenen contractes regulats i compten amb l'existència d'una cambra de compensació.

2.2.3.2 Mercat no organitzat

També es pot denominar com mercat extraborsari (*over-the-counter*). En aquest cas els actius financers es negocien entre dues parts i estan fora de l'àmbit dels mercats organitzats.

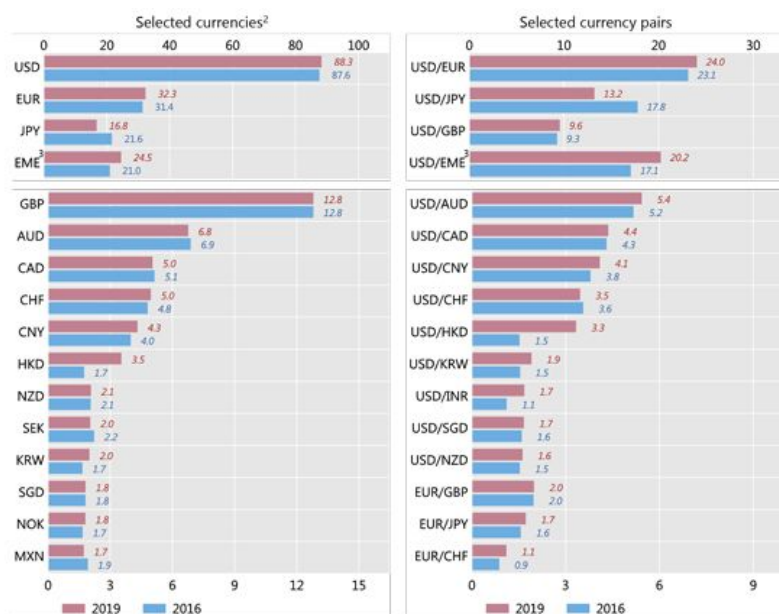
3. Mercat de divises (*Forex*)

El mercat de divises es caracteritza pel lliure intercanvi de divises com el seu nom indica. També s'anomena popularment *Forex* (l'abreviació del nom anglès *Foreign Exchange*). Com la traducció de l'anglès indica, un dels seus objectius principals és facilitar el comerç internacional i la inversió de divises.

En aquest espai físic o virtual (en el treball s'utilitzarà l'espai virtual) es fixa el preu de cada moneda anomenat "tipus de canvi". Aquesta cotització depèn exclusivament de l'oferta i la demanda (explicat al punt 2). Un dels trets característics és que és un mercat descentralitzat. És a dir, no té un únic punt de trobada com seria La Borsa de Barcelona sinó que compta amb espais físics i virtuals.

Aquest mercat va néixer amb l'objectiu de facilitar el flux monetari que es deriva del comerç internacional. Explicat d'una altra manera, és aquest el mercat que ajuda a realitzar compres i vendes d'empreses de diferents països sense que aquestes comparteixin la mateixa moneda. Per exemple, es permet que una empresa dels EUA importi productes europeus i pagui en euros encara que que els ingressos de l'empresa siguin en dòlars. En aquests casos, per conèixer el valor d'una moneda respecte a una altra, s'utilitza el convertidor de divises.

El mercat de divises és de llarg, el més gran del món. Segons el Banc de Pagaments Internacionals (BPI) el 2016 es va arribar a moure 5,1 bilions de dòlars en un dia i no ha parat de créixer fins a arribar als **6,6 bilions de dòlars per dia** (milió de milions) l'abril del 2019. Per posar-ho en perspectiva, el volum del mercat de divises diari seria suficient per comprar *Apple*, l'empresa més gran del món, 32 cops (prenent com a referència el valor d'*Apple* en 205,5 mil milions de dòlars segons la revista *Forbes* el 2019).



¹ Adjusted for local and cross-border inter-dealer double-counting, ie "net-net" basis. ² As two currencies are involved in each transaction, the sum of shares in individual currencies will total 200%. ³ EME currencies.

Gràfics extrets de la pàgina web del Banc de Pagaments Internacionals (BPI).

Inversió algorítmica al mercat de divises

El dòlar americà domina el mercat amb el 88% de totes les transaccions. En segon lloc trobem l'euro amb el 32% i en tercer lloc el ien japonès amb el 17%.

Les transaccions de divises als països amb economies emergents no paren de créixer fins a haver arribat al 25% del volum global. Tot i això, el 2019 el renminbi no ha escalat posicions al rànquing global i s'ha mantingut a la vuitena divisa amb més transaccions formant el 4,3% del total, just per sota del franc suís.

3. 1 Factors que afecten la cotització de les divises

Cal recordar (explicat al punt 1) que la cotització de les divises es regeix exclusivament pel principi de l'oferta i la demanda. No obstant l'oferta i la demanda, i per tant el preu, es veuen afectats per una sèrie de factors.

Explicar totes i cada una d'aquestes decisions portaria a escriure una extensió de text molt llarga i a criteri de l'autor irrellevant pel que fa al marc teòric perquè s'escapa del que vol abastar el treball de recerca.

Tot i que és una anàlisi bastant complicada podem distingir tres tipus de factors: polítics, econòmics i psicològics.

De tota manera, aquests factors no es tindran en compte a l'hora de fer l'algoritme, donat que no correspon al tipus de tècnica d'inversió (explicat als punts 5.1 i 5.2).

3.1.1 Factors polítics

La política sobre una moneda o una economia és fonamental a l'hora d'analitzar una moneda. Com que els governs prenen decisions econòmiques contínuament, aquestes acaben afectant el mercat de divises de manera intencionada o no.

Entre els factors polítics més importants que interfereixen al mercat de divises destaquen els següents.

3.1.1.1 Política governamental

Depenent de la sèrie de mesures i decisions governamentals (factors polítics) que es prenguin repercutiran d'una manera o una altra en la divisa de la nació corresponent.

Així i tot, algunes de les polítiques que poden afectar són: polítiques migratòries, canvis de legislació, l'estabilitat del territori, mesures sobre el consum energètic, polítiques sobre igualtat de gènere i raça i la dificultat o facilitat per formar governs.

Inversió algorítmica al mercat de divises

Per exemple, si una nació té dificultats per formar govern (es troba en una situació d'instabilitat política) pot provocar que alguns dels inversors retirin el seu capital cap a altres països. En retirar-lo, és possible que canviïn de divisa. En conseqüència, la sortida de capitals pot provocar una depreciació de la cotització de la divisa.

Actualment Espanya podria ser un exemple del cas explicat anteriorment, donat que actualment (agost 2019) fa quatre mesos que no forma govern. També Itàlia, ja que com està molt fragmentat l'espai polític, el primer ministre pot quedar en minoria en funció de les coalicions canviants dels diferents partits.

Malgrat això, és difícil afirmar que la davallada l'Euro en aquests casos sigui deguda a aquestes causes, ja que l'Euro és la moneda de 19 dels 28 estats que formen la Unió Europea. Per tant, els factors governamentals a escala estatal (a no ser que siguin excepcionals) són difícils de correlacionar amb la cotització de l'Euro.

3.1.1.2 Política econòmica

Depenent del tipus de política econòmica que es triï podem distingir la política monetària, exterior i fiscal.

3.1.1.2.1 Política exterior

Aquesta estableix les normes d'intercanvi amb països estrangers. Pot posar límits a la importació i l'exportació.

Un exemple de política que podria afectar a la cotització de la divisa nacional, podria ser imposar límits a la importació d'un determinat país. Si es dona el cas en el qual un país limita la importació de productes d'un país que opera amb una altra moneda, és probable que el parell de divises variï considerablement.

Un clar exemple pot ser la prohibició dels Estats Units per importar productes de *Huawei* al maig del 2019.



Gràfic USD/CNY extret de la pàgina web *tradingview.com*.

Inversió algorítmica al mercat de divises

Al gràfic es pot observar com justament el maig del 2019 la cotització del dòlar nord-americà puja de valor en vers el yuan.

3.1.1.2.2 Política monetària

La política monetària és un dels factors més importants per no dir el que més. És aquella part de la política econòmica que s'encarrega dels factors monetaris buscant el creixement econòmic i assegurant l'estabilitat dels preus.

Per poder estudiar aquests factors és primordial fixar-se en els bancs centrals. Si estiguéssim estudiant el mercat euro-dòlar (EUR/USD) hauríem d'analitzar les mesures per part del Banc Central Europeu (BCE) i la Reserva Federal (FED).

Per exemple, si un país entra en deflació (baixada dels preus) i el banc central decideix imprimir bitllets és probable que la cotització de la divisa es vegi afectada negativament. Un altre exemple que podria provocar aquest resultat seria baixar els tipus d'interès (el preu a pagar per utilitzar una quantitat de diners durant un temps determinat —regulat pels bancs centrals—).

3.1.1.2.3 Política fiscal

La política fiscal es centra amb la gestió de recursos d'un estat i la seva administració. Per exemple, un estat pot voler crear inflació (apujada dels preus) però també pot endeutar-se. L'endeutament pot reactivar l'economia però també pot causar falta de credibilitat en l'àmbit internacional.

Per tant, depenent de les decisions que pertanyen a les polítiques fiscals, podran causar diferents efectes reflectits al mercat de divises. Per entendre-ho millor, si considerem un estat molt endeutat davant un que no ho està, la moneda de l'endeutat pot depreciar-se en vers el no endeutat.

3.1.2 Factors econòmics

Molts d'aquests factors estan directament relacionats amb els factors governamentals. Per exemple, si es duu a terme una política monetària expansiva (tractar d'augmentar l'oferta econòmica —quantitat de diners en circulació—) és probable que es generi inflació.

El punt a analitzar més important en aquest àmbit és esbrinar què succeeix en primer lloc. Per entendre-ho millor, la inflació és una dada que ens pot servir per informar de la devaluació d'una divisa al llarg del temps. Aleshores la pregunta a resoldre és què ha provocat aquesta inflació. Perquè depenent de si és causada per factors econòmics o polítics ens informarà dels següents esdeveniments.

Entre els factors macroeconòmics més importants podem distingir: el producte interior brut (el valor monetari de tots els béns i serveis finals produïts per un país en un temps

Inversió algorítmica al mercat de divises

determinat), les dades sobre llocs de treball, la balança comercial (registre d'importacions i exportacions), la inflació, l'índex de producció industrial, l'índex sobre turisme, etc.

Entre els factors microeconòmics més importants trobem: els canvis en els hàbits de costum, les alteracions en la producció, les modificacions de les preferències d'estalvi i inversió, etc.

4. Inversió algorítmica

Abans de començar a analitzar la inversió algorítmica i en particular la seva situació actual hem d'entendre de què tracta.

La inversió algorítmica és un mitjà per executar operacions de mercat utilitzant ordres de compra o venda que ja han estat programades i per tant automatitzades amb anterioritat. Així doncs l'usuari o el *broker* no ha d'estar contínuament pendent dels valors que es donen en el mercat per realitzar determinades operacions. Depenent de les circumstàncies que es donin (explicat al punt 5.2.2) el sistema executarà les accions immediatament.

4. 1 Context històric i situació actual

Els primers ordinadors apareixen als mercats financers a principis dels anys setanta a la borsa de Nova York però fins als anys vuitanta no s'establirà de manera permanent la programació orientada al *trading*.

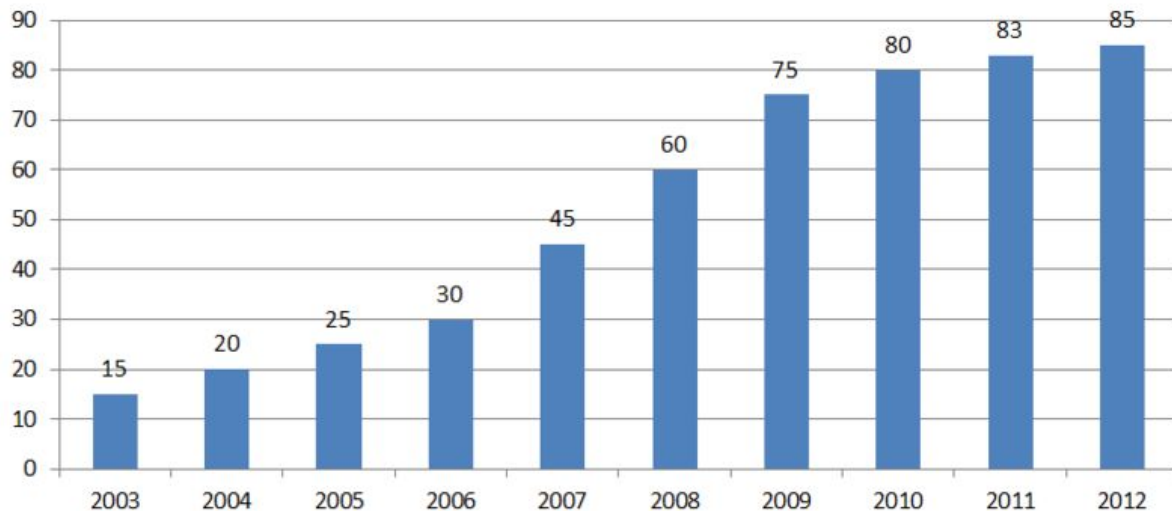
Amb el pas del temps i les millores tecnològiques el *trading* algorítmic ha esdevingut una opció més que viable per aquells que busquen incrementar els seus beneficis. Arribant a créixer de manera descomunal la última dècada. Per exemple, a països els quals tenen economies encara emergents com la Índia el percentatge de *trading* algorítmic envers el volum total dels mercats és quasi del 40%.

Això ha provocat l'aparició d'empreses i experts que treballen pel seu propi benefici o assessorant terceres persones que els interessa elaborar sistemes d'inversió.

Així doncs, el 2009 Doron Whitman crea l'*Algorithmic Traders Association* (Estats Units). Aquesta organització defensa els drets d'aquests professionals i també ofereix un mitjà pel qual es poden contactar amb ells per contractar-los.

Actualment està formada per 130.000 inversors i és segur que en els pròxims anys veiem l'aparició de més organitzacions similars a aquesta en tot el món que defensi aquesta nova professió davant del món laboral i el marc legislatiu.

Inversió algorítmica al mercat de divises



Percentatge algorítmic en vers el volum del mercat. Morton Glantz i Robert Kissell, (2013). *Multi-Asset Risk Modeling*.

Segons Morton Glantz i Robert Kissell el creixement durant els últims anys d'inversió algorítmica ha estat realment descomunal. Arribant a créixer des d'un 15% del volum del mercat el 2003 fins a un 85% el 2012.

4.2 Inversió d'alta freqüència (*High-Frequency Trading*)

La inversió a alta freqüència o *High-Frequency Trading* (HFT) és un sistema d'inversió automatitzat que consisteix en invertir amb súper ordinadors en períodes de temps de fraccions de segon. S'utilitzen algorismes molt complexos amb diversos indicadors tècnics per poder preveure amb màxima eficiència el mercat.

El gran avantatge de la inversió d'alta freqüència és que proporciona molt avantatge per l'inversor el fet d'invertir en fraccions de segon.

Aquesta tècnica va esdevenir popular quan les grans empreses d'Estats Units es van començar a interessar per l'alta liquiditat que proporcionava al mercat.

No es va permetre aquest sistema d'inversió fins al 1998, quan la *U.S Securities and Exchange Commission* (SEC) va autoritzar la inversió electrònica mitjançant algorismes automatitzats d'alta freqüència.

Aleshores era 1000 vegades més ràpid que un humà i des d'aleshores s'ha expandit exponencialment.

L'any 2001 els moviments per via de HFT tenien un temps d'execució d'uns quants segons. El 2010 s'arriben a operar transaccions en mil·lisegons, més tard en microsegons fins a arribar a operar en nanosegons el 2011. Aquest fet històric el va dur a terme l'empresa

Inversió algorítmica al mercat de divises

anomenada *Fixnetix* al desenvolupar un microxip que **podia executar operacions en nanosegons** (1 nanosegon = 0,000000001 segons).

És tal el creixement que a principis de segle el percentatge de moviments de HFT representava un 10% envers el mercat global. Però després va créixer tan de pressa que segons *NYSE high-frequency trading* **el volum del mercat va créixer un 164%**.

4.2.1 *May Flash Crash*

El 2010 el percentatge de moviments realitzats per HFT ascendia al 56% quan el 6 de març del 2010 un súper ordinador va operar amb 4,1 bilions (americans) \$ de dòlars i va posar una posició a la venda. Aleshores va desencadenar l'anomenat *May Flash Crash*, el qual va provocar una caiguda de 1000 punts del DJIA (l'índex borsari que es compon de les 30 empreses més importants de la Borsa de Valors de Nova York) en una sola jornada. Tal va ser la caiguda que 1 bilió \$ es va eliminar del valor del mercat així com una caiguda de 600 punts en 5 minuts.

Aquest *crack* va causar que comissions com la SEC (*U. S. Securities and Exchange Commission*) i la CFTC (*U.S. Commodity Futures Trading Commission*) exigissin canvis legislatius, donat que culpaven a les empreses que operaven amb HFT.



En aquesta imatge es pot veure la gran davallada que va tenir lloc el 6 de març del 2010 (DJIA, l'índex borsari que es compon de les 30 empreses més importants de la Borsa de Valors de Nova York). Gràfic extret de blog.quantinsti.com.

5. Anàlisi del mercat de divises

Existeixen dues modalitats d'anàlisi en el mercat de divises que permeten avaluar un parell de divises i tractar de pronosticar cap a on podria dirigir-se el preu futur.

5. 1 Anàlisi fonamental

L'anàlisi fonamental és utilitzada generalment pels inversors a llarg termini. Aquesta anàlisi tracta d'observar i estudiar el que entenem per macroeconomia: el tipus d'interès bancari, el producte intern brut, la inflació, l'índex de producció industrial i la taxa de desocupació i tracta de realitzar prediccions en funció de les circumstàncies que es donin en aquests àmbits. Aquesta anàlisi es basa amb l'estudi dels factors polítics, econòmics i psicològics (punt 3.1).

5. 2 Anàlisi tècnica

Aquest punt del treball és fonamental per poder entendre el posterior desenvolupament de l'algoritme.

L'anàlisi tècnica és el mètode majoritàriament pels inversors a curt i mitjà termini. Consisteix en estudiar cotitzacions analitzant les estadístiques i característiques generades en el mercat durant un cert període de temps. Aquestes es basen en l'estudi de l'oferta i la demanda. Així doncs, busca identificar patrons i similituds que permetin establir constants que permetin pronosticar les cotitzacions futures del mercat. El recurs de l'anàlisi tècnica són els indicadors tècnics. Aquests permeten observar diferents tipus de dades.

Cal tenir en compte que la funció d'aquesta anàlisi no és opinar sobre si la cotització de l'actiu financer està sobrevalorat o no. Ni tampoc fixar-se en el marc macroeconòmic que envolta al mercat. L'única cosa que importa són les estadístiques del passat en relació amb la cotització present o futura.

A partir d'aquestes cotitzacions es poden observar diferents tipus de tendències. El més segur és que quan s'identifica una tendència segueixi en la mateixa direcció que no pas en contra. D'aquesta manera, es creu que en el mercat en un moment o altre es repetiran els mateixos comportaments. És a dir el comportament que hagin dut a terme els inversors tornarà a repetir-se i per tant, les cotitzacions conseqüents del mercat. Aquest terme es coneix com a tendència. Així mateix és fonamental conèixer les tendències i l'experiència de l'inversor per poder preveure i percebre patrons en el comportament del mercat per poder treure el màxim rendiment.

No obstant això, cal assenyalar que alguns detractors han ratllat aquest tipus d'anàlisi de subjectiu i acientífic. Per tant, com he explicat a la introducció del treball, un dels objectius serà comprovar quin benefici pot tenir utilitzar un en vers l'altre i comprovar per tant, l'efectivitat de l'anàlisi tècnica.

5.2.1 Tendències



Gràfic extret de *dailyforex.com*.

En aquest cas es pot veure clarament una **tendència alcista** però normalment no sol ser tan fàcil. L'estratègia conseqüent més òbvia seria comprar quan abans possible, donat que la cotització pujarà de valor.



Gràfic extret de *dailyforex.com*.

En aquest cas podem observar una **tendència baixista** molt òbvia també. L'ideal seria posar a la venda la divisa en qüestió quan abans possible per poder treure el màxim benefici possible.

Inversió algorítmica al mercat de divises



Gràfic extret de *rankia.cl*.

Per últim, trobem la **tendència lateral o oscil·lant**. Aquesta tendència es caracteritza per establir-se entre dues cotitzacions determinades en les quals l'estratègia seria comprar quan el valor travessa la línia de sota (24,956) i vendre quan el valor travessa la línia de dalt (26,791).

5.2.2 Indicadors tècnics

Un indicador tècnic és un càlcul matemàtic basat en les cotitzacions del mercat. Aquests es poden fer servir tant per observar tendències com per optimitzar algorismes automatitzats.

Tot i això, els indicadors tècnics tenen funcions molt diferents i no n'hi ha de millors ni pitjors sinó que, depenent dels objectius i les necessitats de cadascú, són més o menys útils.

Els tres tipus d'indicadors tècnics que existeixen són els: oscil·ladors, indicadors de tendència i els indicadors de volatilitat.

5.2.2.1 Oscil·ladors

Comparen els preus al llarg del temps. Normalment solen utilitzar-se per a tendències laterals per comparar cotitzacions. És a dir, mostren la desviació o diferència del valor actual amb els valors d'equilibri. Com no s'aprecia una direcció ascendent ni descendent l'indicador presenta una cota superior i una inferior. Quan és rabassada pot indicar l'opció de compra o venda. Alguns dels oscil·ladors més comuns són els indicadors: RSI (Índex de Força Relativa, *Relative Strength Index*), Momentum i Estocàstic.

Inversió algorítmica al mercat de divises



Gràfic de *fibozachi.com*.

En aquesta imatge podem observar a la part inferior les dues cotitzacions que crea l'indicador (en aquest cas RSI).

5.2.2.2 Indicadors de tendència

La funció principal d'aquests indicadors com el seu nom indica, és identificar tendències i determinar la seva fortalesa. Els gràfics ofereixen diferents tipus de mitjanes que suavitzen els preus més alts i més baixos. D'aquesta manera és més senzill localitzar tendències. Els indicadors de tendència més coneguts són: MA (Mitjana Mòbil, *Moving Average*), MACD (Mitjana Mòbil Convergent Divergent, *Moving Average Convergence Divergence*) i ADX (Índex de Mitjana Direccional, *Average Directional Index*) per mesurar la força de la tendència en qüestió.



Gràfic extret de *meilleursbrokers.com*.

Inversió algorítmica al mercat de divises

Al gràfic superior podem observar el mercat i a sota la MACD. Com s'ha explicat abans es compon de dues mitjanes de períodes anteriors. La més atenuada serà la que està formada per més períodes. Per això ens permet visualitzar millor les tendències. En aquest gràfic es compon d'una mitjana exponencial entre 12 i 26 períodes (atenuada) i una de 9 períodes (no atenuada).

Aquesta estratègia va ser la que vaig provar de posar en pràctica sense èxit (punt 6.1).

5.2.2.3 Indicadors de volum

Aquests indicadors serveixen per a poder estudiar el volum del mercat per un valor concret. És a dir, la suma de les compres i les vendes dels actius financers (divises). Poden ser de gran utilitat perquè quan el volum del mercat és alt pot venir correlacionat amb un mercat més "segur" i fiable. Així i tot, no sempre indiquen que sigui un bon moment per operar.

Alguns dels més comuns i coneguts són: "Volum en Balanç o Acumulació/Distribució".



Gràfic extret de *mql5.com*.

En aquesta imatge podem veure que depenent del color el volum del mercat és més o menys alt.

6. Part pràctica

La meua part pràctica consisteix en desenvolupar un algoritme que permeti obtenir beneficis al mercat Forex de manera automàtica. És a dir programar un “robot” que compri i vengui divises sense que ningú hagi d’estar revisant les accions de compra-venda.

6. 1 Plataformes d’inversió

El primer pas és buscar la plataforma que et permet invertir segons les necessitats de cadascú. Aquests processos són llargs perquè obrir comptes la majoria dels cops calen processos de validació que poden durar uns 5-7 dies als quals has de proporcionar factures bancàries i dades com els ingressos anuals o l’experiència en mercats financers.

En el meu cas he buscat plataformes que oferissin la possibilitat d’invertir amb comptes *demo*. Aquests comptes (limitats o no) permeten operar amb dipòsits ficticis en els quals no obtens ni guanys ni pèrdues però permeten obtenir dades que poden servir per poder millorar inversions futures amb dipòsits no ficticis. He triat aquest sistema per dos clars i necessaris motius.

El primer és que sóc menor d’edat (setze anys) i per tant no és legal que compri i vengui qualsevol mena d’actiu financer en aquestes pàgines virtuals. I el segon és que per poder validar l’algoritme no n’és prou amb treure bons resultats amb períodes de 5-7 dies sinó que són necessàries més dades temporals (fins i tot mesos de *backtesting*) i amb més d’un parell de divises.

És a dir, les comptes *demo* a més de permetre invertir en temps real també permeten fer tests en els quals s’utilitza el *backtesting*. Aquest terme anglosaxó consisteix en recopilar dades històriques de fluctuacions entre parells de divises del passat per comprovar quins haurien estat els teus beneficis amb la teua tècnica d’inversió durant el període que desitgis.

Així doncs l’opció d’obrir-me un compte amb dipòsits de capital només m’oferia la possibilitat d’obtenir guanys econòmics que en vers els beneficis acadèmics i legals es veia completament descartada.

A l’hora d’exposar les plataformes per invertir que he anat provant s’ha de tenir present que no és el mateix una plataforma d’inversió que un *broker*. Als mercats virtuals els *brokers* permeten fer d’intermediaris entre comprador i venedor a canvi d’una comissió. Així doncs existeixen múltiples opcions però no tindran lloc en aquest treball de recerca, ja que com he explicat anteriorment, un dels objectius del treball serà validar l’algoritme amb el procés de *backtesting* amb un compte *demo*. L’explicació d’aquest concepte ve donada perquè algunes d’aquestes pàgines tenen *brokers* i d’altres no.



Forex.com va ser la meva primera opció considerant que és una de les plataformes més grans i segures per invertir en *Forex* i en altres mercats com el borsari. El problema va ser que la compta *demo* tenia un termini limitat i no facilitava la inversió algorítmica.



En fer recerca vaig trobar treballs de fi de grau (punt 10) que havien optat per aquesta plataforma, vist que no és gaire complicada i permet introduir-te al món de la inversió. El gran problema va ser que després de passar el procés de validació em vaig adonar que no oferia la possibilitat d'invertir en *Forex*. Després de fer recerca, vaig veure que les dates dels treballs de fi de grau que havia consultat eren d'uns anys enrere i per tant, vaig indagar per buscar que havia posat fi al comerç de divises per part de *Trade Station*.

Quan vaig trobar un comunicat a la web el qual m'indicava que *Oanda* (una altra plataforma d'inversió) havia comprat solament el sector *Forex* de *Trade Station*.



Aleshores, davant d'aquest imprevist vaig decidir provar la plataforma *Oanda* tot i que no em va servir de molt. És una plataforma la qual em va costar molt entendre com estava organitzada i no vaig acabar de poder intentar programar cap estratègia d'inversió. Ofereix moltes possibilitats però et redirigeix a diferents pàgines on et fa obrir diversos comptes segons l'objectiu que desitgis. En conclusió, a mi em va resultar massa caòtica la manera la qual estava organitzada.



Aleshores vaig decidir-me a provar *Metatrader 5*. Ja em sonava d'haver vist el programa per fòrums i recomanacions però no m'havia decidit a instal·lar-lo considerant que al ser una de les plataformes més populars pensava que seria massa difícil en vers a la meva experiència (punt 8).

Inversió algorítmica al mercat de divises

En instal·lar el programa, vaig provar d'instal·lar una versió antiga anomenada *Metatrader 4* perquè vaig descobrir una pàgina la qual et programava el robot per a la versió 4 de manera senzilla. En altres paraules, no l'havies de programar manualment sinó que havies d'omplir els paràmetres d'una web anomenada *forexadvisor.com*.

En aquesta web vaig provar de *programar* una estratègia d'encreuament de mitjanes mòbils (punt 5.2.2.2).

The screenshot shows the 'Close Buy' configuration window in the Forex Advisor Code tool. It features a dark header with buttons for 'Open Buy', 'Open Sell', 'Close Buy' (highlighted in orange), 'Close Sell', 'Options', and 'Expert Advisor Code'. Below the header, the 'Condition' section is divided into two columns. Each column contains a dropdown menu for 'MA (Moving Average)', a 'TimeFrame' dropdown set to 'Current', a 'Period' input field (50 on the left, 200 on the right), an 'MA Shift' input field (0 on both), an 'MA Type' dropdown set to 'MODE_LWMA', an 'MA Price' dropdown set to 'PRICE_CLOSE', and a 'Shift' input field (0 on both). An 'Add' button is located at the bottom left of the configuration area.

En aquesta captura de pantalla pròpia es pot veure com la web *forexadvisor.com* facilita el trading algorítmic sense haver de programar.

Un cop ideada l'estratègia la web em va generar el robot en qüestió amb llenguatge de programació Metatrader 4. Però a l'hora d'introduir-lo al programa no era capaç de llegir-lo.

Llavors va ser quan vaig veure que tot i que teòricament l'arxiu de l'instal·lador del programa que m'havia descarregat pertanyia a *Metatrader 4*, aquest m'havia redirigit a instal·lar *Metatrader 5*.

Després, vaig esbrinar que tot i que la web de *Metatrader 4* segueix oberta ja no és possible descarregar el programa (o molt complicat) ja que per part de l'empresa van decidir apostar per *Metatrader 5*.

Tot i que principalment no semblaven males notícies, sí que ho van ser, atès que *Metatrader* utilitza un codi de programació característic anomenat *MQL4* i *Metatrader 5* utilitza *MQL5*. A continuació vaig intentar canviar a base de *scripts* el format de programació sense èxit considerant que són bastant diferents.

Finalment no em quedava altra sortida que aprendre llenguatge *MQL5* i programar manualment el meu robot per invertir en *Forex*. Però, quan en obrir el manual *online* gratuït de *MQL5* vaig veure ascendia a les més de 5.000 pàgines, vaig decidir intentar crear un algoritme senzill a força de mirar molts manuals i tutorials bàsics.

6.2 Bandes de Bollinger

6.2.1 John Bollinger

John Bollinger va néixer a Montpelier (Vermont) el març de 1950. És un analista financer americà, escriptor i gran contribuïdor al camp de l'anàlisi tècnica.

Va començar a desenvolupar les bandes de Bollinger als anys 80 utilitzant com a base el canal de Keltner considerant bona part de les seves anàlisis giraven entorn de la volatilitat.

Primerament va donar a conèixer al món aquest concepte al Financial News Network el 1983. Més tard, va publicar el llibre *Bollinger on Bollinger Bands* (2001) que s'ha arribat a traduir a 11 llengües. També ha introduït el terme *anàlisi racional* com un mètode d'anàlisi financera la qual té en compte la superposició entre factors fonamentals i tècnics (punts 5.1 i 5.2).

6.2.2 Explicació matemàtica

Aquest indicador va ser creat en els anys 80 per John Bollinger i tracta de tres bandes que es dibuixen superposades al gràfic del mercat en qüestió.

- La **banda central** és una mitjana mòbil, normalment s'empra una mitjana mòbil simple (MSA o SMA -*simple moving average*-) calculada amb 20 períodes. La MSA es calcula de la següent forma:

$$\text{MSA} = (\sum \text{Preu de tancament de X períodes}) / X$$

(En aquest cas serien X=20 períodes)

- La **banda superior** es calcula sumant al valor de la mitjana mòbil simple 2 vegades la desviació típica de la mitjana mòbil.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{N}}$$

= Desviació típica →

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

(N=quantitat total de cotitzacions, Xi=cada cotització i \bar{x} =mitjana aritmètica de les cotitzacions).

- **Banda superior=MSA+2σ**

Inversió algorítmica al mercat de divises

→ La **banda inferior** es calcula restant a la mitjana mòbil simple 2 vegades la desviació típica de la mitjana mòbil.

→ **Banda inferior=MSA-2 σ**

La desviació típica és un paràmetre estadístic que proporciona una bona indicació de la volatilitat donat que la seva funció és oferir informació sobre la dispersió mitjana d'una variable. L'ús d'aquest paràmetre per a calcular les bandes assegura que aquestes respondran ràpidament a variacions del preu reflectint períodes d'alta i baixa volatilitat. Així mateix, la franja compresa entre les bandes superior i inferior conté, estadísticament, gairebé un 88-89% de les possibles variacions del preu, la qual cosa significa que podem afirmar qualsevol moviment del preu fora de les bandes té rellevància. Així que tècnicament la cotització és relativament alta quan està per sobre la banda superior i relativament baixa quan estan per sobre la banda inferior.

Bollinger Bands (20,2)					
Date	Price	Middle Band 20-day SMA	20-day Standard Deviation	Upper Band 20-day SMA + STDEVx2	Lower Band 20-day SMA - STDEVx2
29-May-09	90.70	88.71	1.29	91.29	86.12
1-Jun-09	92.90	89.05	1.45	91.95	86.14
2-Jun-09	92.98	89.24	1.69	92.61	85.87
3-Jun-09	91.80	89.39	1.77	92.93	85.85
4-Jun-09	92.66	89.51	1.90	93.31	85.70
5-Jun-09	92.68	89.69	2.02	93.73	85.65
8-Jun-09	92.30	89.75	2.08	93.90	85.59
9-Jun-09	92.77	89.91	2.18	94.27	85.56
10-Jun-09	92.54	90.08	2.24	94.57	85.60
11-Jun-09	92.95	90.38	2.20	94.79	85.98
12-Jun-09	93.20	90.66	2.19	95.04	86.27
15-Jun-09	91.07	90.86	2.02	94.91	86.82
16-Jun-09	89.83	90.88	2.01	94.90	86.87
17-Jun-09	89.74	90.91	2.00	94.90	86.91
18-Jun-09	90.40	90.99	1.94	94.86	87.12
19-Jun-09	90.74	91.15	1.76	94.67	87.63
22-Jun-09	88.02	91.19	1.68	94.56	87.83
23-Jun-09	88.09	91.12	1.78	94.68	87.56
24-Jun-09	88.84	91.17	1.70	94.58	87.76
25-Jun-09	90.78	91.25	1.64	94.53	87.97
26-Jun-09	90.54	91.24	1.65	94.53	87.95
29-Jun-09	91.39	91.17	1.60	94.37	87.96
30-Jun-09	90.65	91.05	1.55	94.15	87.95

Taula de valors extreta de school.stockcharts.com.

Inversió algorítmica al mercat de divises

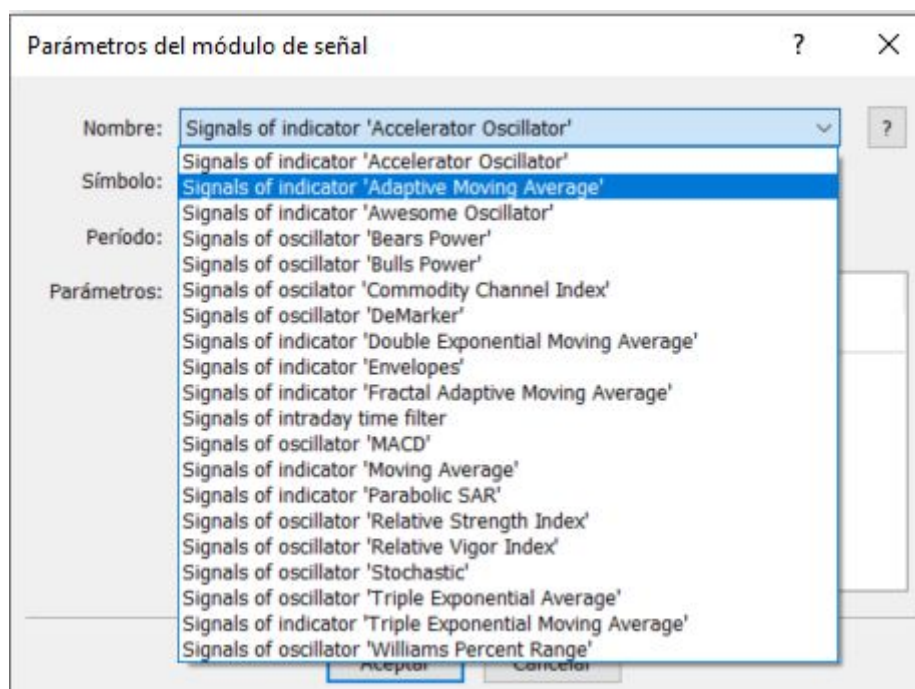


Gràfic extret de school.stockcharts.com.

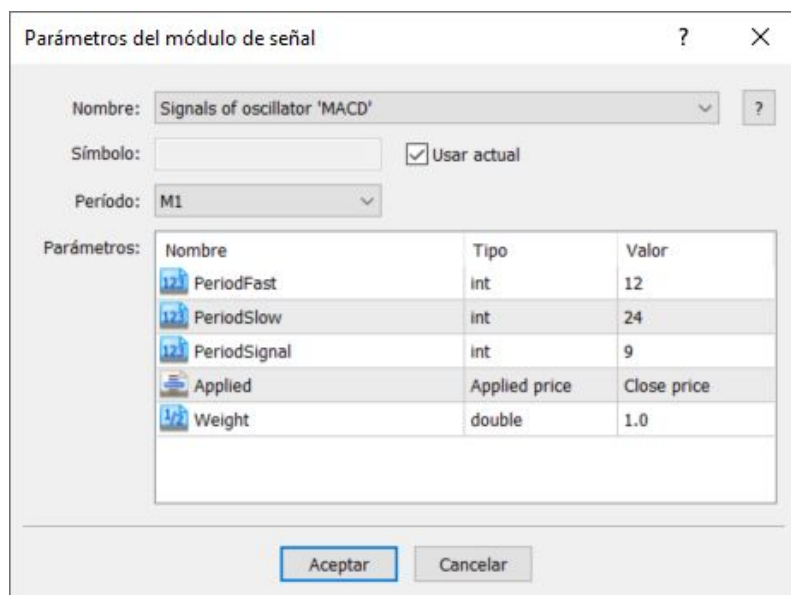
En aquest gràfic es pot veure com es formen les bandes a partir de la taula de valors.

6.3 Desenvolupament de l'algorisme

Com he explicat anteriorment (punt 6.1) el primer algorisme fallit que vaig intentar posar en funcionament va consistir en el encreuament de dues mitjanes mòbils. Més tard, quan vaig assimilar que havia d'utilitzar *Metatrader 5* (explicat al punt 6.1) vaig provar d'utilitzar el creador d'algorismes que proporciona el programa anomenat *MQL5 wizard*.



Inversió algorítmica al mercat de divises



Captures de pantalla extretes de *MetaEditor 5* on es poden veure les possibilitats que ofereix *MQL5 wizard*.

Aquest et permet desenvolupar estratègies de mercat amb diferents indicadors tècnics les quals pots perfilar introduint els paràmetres. Aleshores vaig intentar-ho posar en pràctica però de nou va resultar en balanços negatius en totes les desenes de proves que vaig realitzar.

A continuació vaig reprendre la meua cerca d'indicadors tècnics a internet però no trobava alternatives a no haver d'aprendre *MQL5* que no fossin descarregar algoritmes amb drets d'autor que no podia incloure al treball.

Tot just, vaig començar a mirar vídeos de la plataforma *Youtube* per crear robots automatitzats per a nivell de principiant. Va ser llavors, quan després de realitzar diverses proves vaig obtenir els meus primers i únics balanços positius de tot el treball.

A partir de l'indicador tècnic de les bandes de Bollinger el meu objectiu inicial era que quan la línia del gràfic de les cotitzacions de la divisa tallés amb la banda superior el robot automàticament vengués i quan tallés per baix automàticament comprés. Aquesta és l'estratègia més bàsica amb aquest indicador tècnic, però no té per què ser guanyadora ja que el fet que la cotització estigui relativament alta no vol dir que hagi de baixar ni que el fet que la cotització estigui relativament baixa s'hagi de comprar.

6.4 Resultats

Per fer les proves de rendiment s'ha utilitzat un període de 7 mesos (1/1/2019-30/6/2019) amb un dipòsit fictici de 10.000 d'€ (*backtesting* explicat al punt 6.1) en 14 parells de divises diferents (tots els possibles que m'oferia *Metatrader 5*):

Inversió algorítmica al mercat de divises

- EUR/USD
- GBP/USD
- USD/CHF
- USD/JPY
- USD/CAD
- AUD/USD
- EUR/CHF
- EUR JPY
- EUR/GBP
- EUR/CAD
- GBP/CHF
- GBP/JPY
- AUD/JPY
- EUR/AUD

(EUR → euro, USD → dòlar nord-americà, CHF→ franc suís, JPY→ ien japonès, CAD→ dòlar canadenc, AUD→ dòlar australià, GBP→ lliura esterlina britànica).

Els resultats han estat els següents: el **78,57%** (11 de 14) dels parells de divises conclòs amb beneficis nets positius i un **21,43%** (3 de 14) en beneficis nets negatius. La mitjana aritmètica dels beneficis nets positius és de +2018,18€ (**+20,18%** del dipòsit inicial) i la mitjana aritmètica dels beneficis nets negatius és de -3681,67€ (**-36,82%** del dipòsit inicial). La mitjana aritmètica de tots els resultats és de +796,79€ (**+7,97%** del dipòsit inicial) i la suma de tots els resultats (positius i negatius) és de **+11.155€**.

Cal deixar clar que des de l'algoritme es poden ajustar el valor de les transaccions i que al mercat de divises es mesuren amb *lots*.

- 1 lot = 100.000 unitats de la divisa en qüestió
- 1 minilot = 10.000 unitats de la divisa en qüestió
- 1 microlot = 1.000 unitats de la divisa en qüestió
- 1 nanolot = unitats de la divisa en qüestió

Partint d'aquí el programa et deixa moure quantitats més grans (almenys a la *demo*) de les que anteriorment has dipositat. Però per preservar l'objectivitat de l'avaluació del rendiment de l'algoritme s'ha realitzat amb quantitats d'1 minilot (equivalent al dipòsit inicial).

6.5 Observacions

Tot i que l'objectiu inicial era un altre (punt 6.3) finalment al mirar el funcionament final de l'algoritme veiem que no sempre que la línia del gràfic talla amb la banda superior o inferior obre o tanca una posició i que les que realitza totes les acaba tancant amb balanços positius. Les úniques posicions que acaben tancades amb balanços negatius són l'última de cada parell de divises (important mirar els gràfics dels annexos). El motiu és perquè no li dóna temps a recuperar l'operació invertida atès que el *backtesting* quan finalitza tanca totes les operacions obertes.

Inversió algorítmica al mercat de divises

Per tant els resultats dels parells de divises que han acabat amb balanços negatius (21,43%) (punt 6.4) han estat causats per una sola posició no rendible.



Captura de pantalla del programa *Metatrader 5*.

En aquesta imatge es pot veure clarament com no tanca l'operació quan després d'obrir una posició de venda la línia del gràfic immediatament talla amb la banda inferior sinó que l'aguanta i fins i tot després d'una tendència alcista espera que es reverteixi per poder tancar l'operació amb un balanç positiu.

6.6 Punts a millorar

Per començar caldria analitzar la programació per poder esbrinar si quan el *robot* obre o tanca posicions ho fa de manera arbitrària o no considerant que no sempre que la línia del gràfic talla amb les bandes s'obren o es tanquen operacions. També seria primordial programar un *Stop Loss* (paràmetre per detenir pèrdues) vist que tot i que els parells de divises amb balanços negatius són el 21,43% acaben amb una reducció mitjana del 36,82%. És a dir, l'algoritme ara per ara és *optimista* i aguanta les posicions fins a revertir-les sense tenir un límit de pèrdues. El problema és que en les proves realitzades als diferents parells de divises les operacions perdedores es tancaven perquè el període analític de *backtesting* finalitzava. Però, en posar-lo en pràctica podria portar a fins catastròfics perquè **no totes les posicions obertes al mercat són reversibles**. Per tant podria haver-hi llargs períodes de temps en els quals el mercat només anés en una sola direcció i l'algoritme hauria de ser capaç de detenir-ho per tractar de reduir al màxim les pèrdues.

Tanmateix, aquest *Stop Loss* seria difícil de definir donat que el fet que l'algoritme sigui *optimista* també és l'aspecte que molts cops el fa guanyar balanços que es podrien donar per perduts (imatge del punt 6.5).

Inversió algorítmica al mercat de divises

Per últim, cal puntualitzar que les divises en les quals s'ha posat en pràctica (totes les possibles del programa) generalment posseeixen poca volatilitat. Per tant, és probable que al fer proves en divises molt volàtils els resultats fossin més negatius, ja que hi hauria més possibilitats que es donés el cas de tendències unidireccionals (no reversibles).

7. Conclusions finals

Després d'haver desenvolupat el marc teòric i la part pràctica ha quedat demostrat amb gràfics, estadístiques i el mateix algoritme que la inversió algorítmica no només està més que present a la nostra societat sinó que és el futur.

Aquesta tècnica d'inversió ens brinda la possibilitat de passar de lluitar amb les pròpies emocions a fer-ho amb els números. Al treball s'ha posat al mercat un algoritme molt senzill, en comparació amb els algoritmes que utilitzen les grans empreses mitjançant la inversió d'alta freqüència, i així i tot, els resultats indiquen que hauria pogut obtenir guanys del 20% en 6 mesos a quasi el 80% dels parells de divises estudiats.

Si això ho ha pogut fer un simple alumne de secundària amb un ordinador, indica que l'abast de les grans empreses de *Silicon Valley* als pròxims anys no té cap mena de límit. Aquestes seguiran treballant dia i nit per arribar a completar transaccions en quantitats de temps rècord que cada cop s'acostin més a zero i a afegir cada cop més paràmetres als algoritmes emprats per súper ordinadors per intentar abastar totes les possibilitats que puguin presentar els mercats. Encara és més, l'arribada dels ordinadors quàntics és el present i és més que segur que redefiniran el món tecnològic tal com el coneixem. Tanmateix, la inversió algorítmica no serà pas una excepció.

D'altra banda el treball també demostra que no cal una gran formació per endinsar-se en aquest àmbit i que les matemàtiques que s'utilitzen als indicadors tècnics i a les estratègies, és a dir, els paràmetres estadístics, són igual de racionals i científics que les decisions que pugui dur a terme un *broker* mitjançant l'anàlisi fonamental.

Per tant, el punt no hauria de ser tractar de desvaloritzar una estratègia o una altra des dels dos cantons sinó tractar d'aprofitar les possibilitats que poden aportar i a poder ser, unificar-les. D'aquesta manera, la possibilitat de traduir algorítmicament els factors psicològics, econòmics i polítics del mercat podrien resultar molt exitosos fins i tot a àmbits que podrien semblar allunyats de l'economia.

Per molt que pugui semblar utòpic estem parlant de realitats. Va ser Avin Roth qui va desenvolupar un algoritme dintre la teoria de jocs, com es va explicar el professor de la UPF José Apesteguia, per regular el disseny de mercats d'acord amb l'oferta i la demanda enduent-se el premi Nobel d'economia el 2012. Aquesta idea va ser la que va fer redissenyar per complet el sistema de donacions de ronyó als EUA i, sense voler-ho, va acabar salvant milers de vides.

8. La meva experiència i per què vaig triar aquest tema

Abans de posar en pràctica l'algoritme al mercat una part de les més importants i la que m'ha portat més temps, consisteix en trobar la plataforma indicada per invertir segons les necessitats pròpies. Aquests processos són molt llargs i feixucs considerant que per obrir comptes virtuals per invertir cal indicar moltes dades personals com factures del banc, ingressos anuals o l'experiència en cada tipus de mercat. En el meu cas no era la meva primera presa de contacte amb les finances. Des de molt petit "la borsa" va ser una curiositat important per a mi quan observava les notícies ja fos als diaris o als telenotícies. Però no va ser fins als 13 anys que vaig començar a buscar informació per finalitats pròpiament lúdiques. Després d'uns anys, aquest any passat, quan tenia 15 anys va aparèixer una oportunitat per poder aprendre i veure si realment em cridava tant l'atenció aquest àmbit. El programa *Bojos per l'Economia* que junt amb el Centre de Recerca en Economia Internacional (CREI) i la Universitat Pompeu Fabra (UPF) organitzaven per fomentar les vocacions científiques arreu de Catalunya. Aquesta oportunitat em va permetre aprendre de professors reconeguts internacionalment de la UPF i del CREI com Jaume Ventura o Fernando Broner.

Especialment una sessió amb Rosemarie Nagel que constava de 15 rondes amb un mercat fictici tancat entre els participants d'aquell curs amb uns paràmetres concrets de compra i venda d'accions determinats. La qual cosa, em va donar l'oportunitat de dissenyar una estratègia de mercat en la setmana de termini donada que va acabar en un sistema guanyador atorgant-me el tercer lloc entre els participants.

Més tard, la professora ens va proposar un joc en el qual tots els alumnes hàviem d'introduir un número de l'1 al 100 a una pàgina web des del mòbil. Però, l'objectiu era intentar endevinar $\frac{2}{3}$ del número que digués més gent. Vaig ser capaç d'endevinar-lo a partir del següent raonament. La mitjana entre 1 i 100 és 50, per tant, la majoria de la gent pensarà que $\frac{2}{3}$ de 50 és 33 i escriurà aquest número. Per tant, $\frac{2}{3}$ de 33 és 22. Però no vaig tenir en compte que la gent no havia acabat d'entendre el joc i va dir nombres aleatoris deixant com a guanyadors la gent que havia escrit el número 33. A la següent ronda, en canvi, vaig pensar que hi havia més gent coneixedora del sistema però encara no tota. Aleshores vaig decidir posar el número 15 ($\frac{2}{3}$ de 22) pensant que la gent escriuria 22 ($\frac{2}{3}$ de 33) i aquest cop sí que el vaig endevinar.

A partir d'aquest joc vaig poder entendre que havia estat fent el mateix que a la borsa. Pensar que pensen els altres. Aquest és el concepte més important, ja que si sobrevalores els teus companys pensant que tots ho entendran a la primera la resposta seria 0 perquè tothom anirà pensant $\frac{2}{3}$ de $\frac{2}{3}$ fins a arribar a aquest número. En canvi si els infravalores, si el segon cop hagués posat el 22 en lloc de 15, tampoc l'hauria endevinat. Per tant, el factor més important és la intel·ligència emocional per poder preveure els moviments dels teus rivals.

Un cop vaig entendre aquestes dinàmiques i la seva relació amb el mercat de valors vaig pensar seria un bon tema per un treball de recerca. Com va coincidir amb el moment de l'elecció, va ser llavors, quan vaig decidir *tirar-me a la piscina*.

Inversió algorítmica al mercat de divises

9. Annexos

9.1 Resultats de l'algorisme

En aquest annex es poden veure els diferents resultats segons el parell de divises.

AUD/JPY

Calidad del historial	99%
Barras	177896
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	86.00
Beneficio Bruto	2 202.00
Pérdidas Brutas	-2 116.00
Factor de Beneficio	1.04
Factor de Recuperación	0.04
AHPR	1.0018 (0.18%)
GHPR	1.0006 (0.06%)
Total de operaciones ejecutadas	15
Total de transacciones	30

Ticks	8941167	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	0.00	Reducción absoluta de la equidad	10.00
Reducción máxima del balance	2 116.00 (17.34%)	Reducción máxima de la equidad	2 116.00 (17.34%)
Reducción relativa del balance	17.34% (2 116.00)	Reducción relativa de la equidad	17.34% (2 116.00)
Beneficio Esperado	5.73	Nivel de margen	9990.00%
Ratio de Sharpe	0.04	Z-Score	-1.08 (71.99%)
LR Correlation	0.70	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	522.93		
Posiciones cortas (% rentables)	7 (100.00%)	Posiciones largas (% rentables)	8 (87.50%)
Posiciones rentables (% del total)	14 (93.33%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (6.67%)
transacción rentable	220.00	transacción no rentable	-2 116.00
transacción rentable	157.29	transacción no rentable	-2 116.00
ganancias consecutivas (\$)	14 (2 202.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-2 116.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	2 202.00 (14)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-2 116.00 (1)
ganancias consecutivas	14	pérdidas consecutivas	1



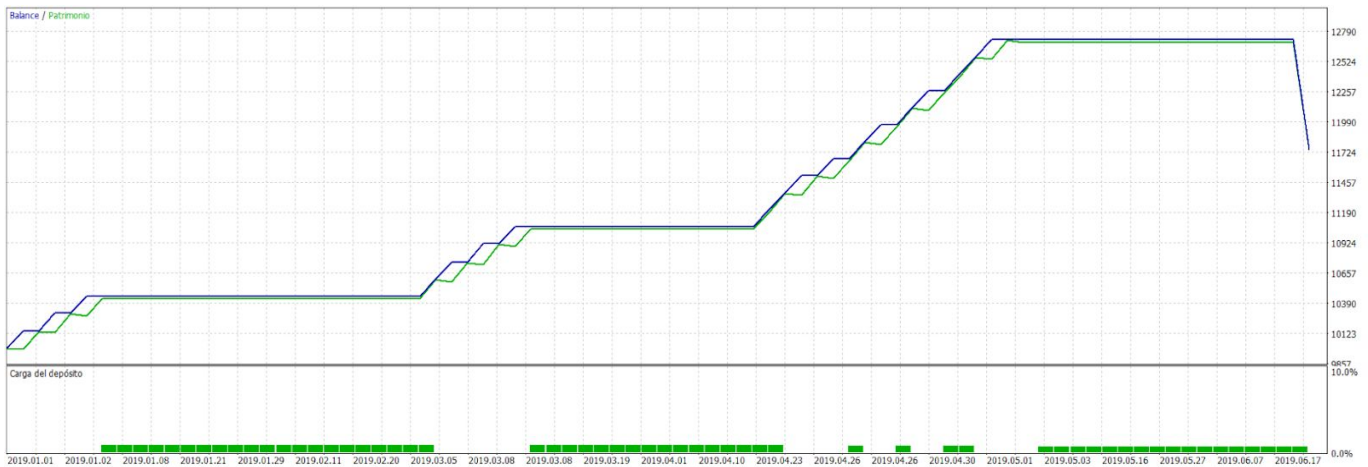
Balanz/patrimoni

Inversió algorítmica al mercat de divises

AUD/USD

Calidad del historial	100%
Barras	177873
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	1 754.00
Beneficio Bruto	2 718.00
Pérdidas Brutas	-964.00
Factor de Beneficio	2.82
Factor de Recuperación	1.82
AHPR	1.0088 (0.88%)
GHPR	1.0085 (0.85%)
Total de operaciones ejecutadas	19
Total de transacciones	38

Ticks	5766752	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	0.00	Reducción absoluta de la equidad	7.00
Reducción máxima del balance	964.00 (7.58%)	Reducción máxima de la equidad	964.00 (7.58%)
Reducción relativa del balance	7.58% (964.00)	Reducción relativa de la equidad	7.58% (964.00)
Beneficio Esperado	92.32	Nivel de margen	9993.00%
Ratio de Sharpe	0.44	Z-Score	-1.29 (80.29%)
LR Correlation	0.96	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	238.20		
Posiciones cortas (% rentables)	8 (100.00%)	Posiciones largas (% rentables)	11 (90.91%)
Posiciones rentables (% del total)	18 (94.74%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (5.26%)
transacción rentable	162.00	transacción no rentable	-964.00
transacción rentable	151.00	transacción no rentable	-964.00
ganancias consecutivas (\$)	18 (2 718.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-964.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	2 718.00 (18)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-964.00 (1)
ganancias consecutivas	18	pérdidas consecutivas	1

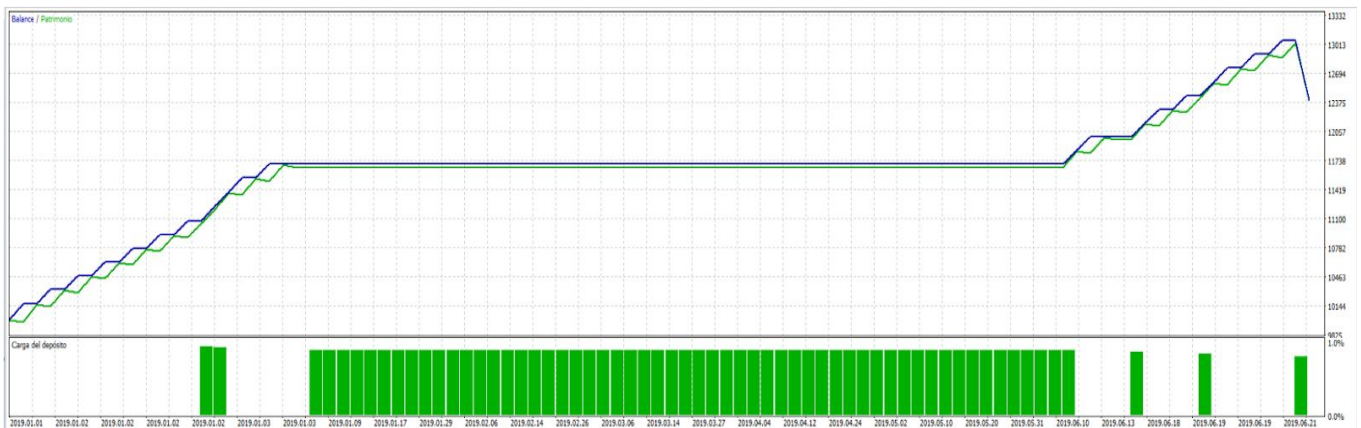


Inversión algorítmica al mercat de divises

EUR/AUD

Calidad del historial	99%
Barras	177893
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	2 407.00
Beneficio Bruto	3 054.00
Pérdidas Brutas	-647.00
Factor de Beneficio	4.72
Factor de Recuperación	3.85
AHPR	1.0104 (1.04%)
GHPR	1.0103 (1.03%)
Total de operaciones ejecutadas	21
Total de transacciones	42

Ticks	13560658	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	0.00	Reducción absoluta de la equidad	21.00
Reducción máxima del balance	647.00 (4.96%)	Reducción máxima de la equidad	626.00 (4.80%)
Reducción relativa del balance	4.96% (647.00)	Reducción relativa de la equidad	4.80% (626.00)
Beneficio Esperado	114.62	Nivel de margen	9979.00%
Ratio de Sharpe	0.77	Z-Score	-1.38 (83.24%)
LR Correlation	0.98	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	164.72		
Posiciones cortas (% rentables)	13 (92.31%)	Posiciones largas (% rentables)	8 (100.00%)
Posiciones rentables (% del total)	20 (95.24%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (4.76%)
transacción rentable	173.00	transacción no rentable	-647.00
transacción rentable	152.70	transacción no rentable	-647.00
ganancias consecutivas (\$)	20 (3 054.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-647.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	3 054.00 (20)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-647.00 (1)
ganancias consecutivas	20	pérdidas consecutivas	1

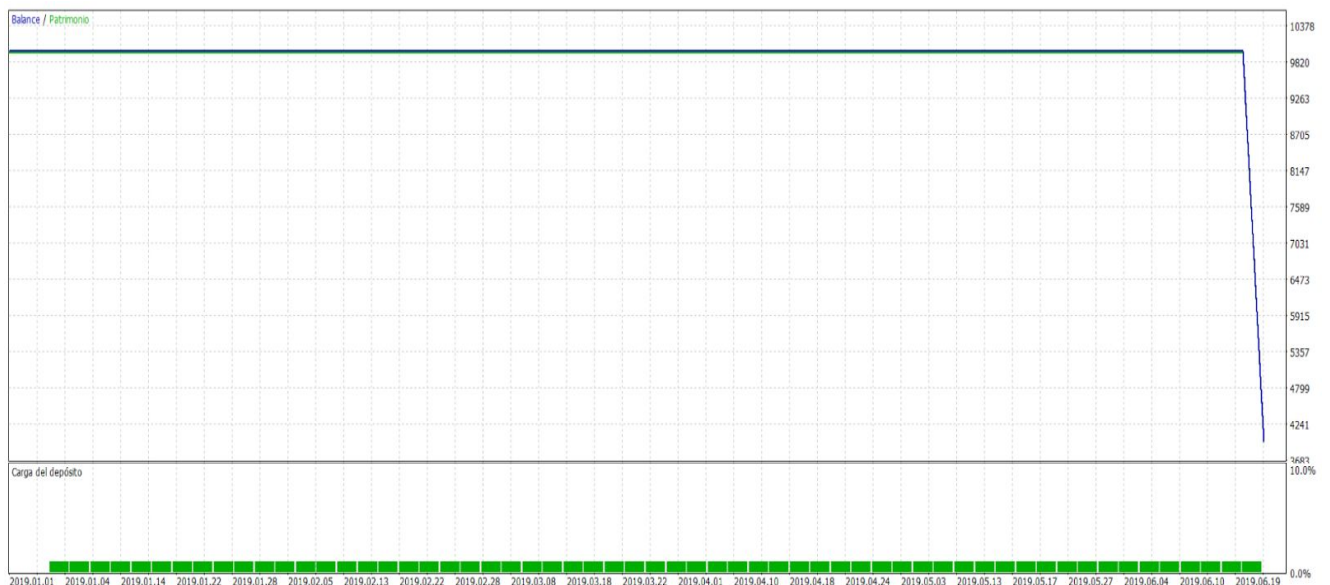


Inversió algorítmica al mercat de divises

EUR/CAD

Calidad del historial	99%
Barras	177875
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	-6 016.00
Beneficio Bruto	0.00
Pérdidas Brutas	-6 016.00
Factor de Beneficio	0.00
Factor de Recuperación	-1.00
AHPR	0.3984 (-60.16%)
GHPR	0.3984 (-60.16%)

Ticks	11753720	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	6 016.00	Reducción absoluta de la equidad	6 016.00
Reducción máxima del balance	6 016.00 (60.16%)	Reducción máxima de la equidad	6 016.00 (60.16%)
Reducción relativa del balance	60.16% (6 016.00)	Reducción relativa de la equidad	60.16% (6 016.00)
Beneficio Esperado	-6016.00	Nivel de margen	9977.00%
Ratio de Sharpe	0.00	Z-Score	0.00 (0.00%)
LR Correlation	0.00	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	0.00		
Posiciones cortas (% rentables)	0 (0.00%)	Posiciones largas (% rentables)	1 (0.00%)
Posiciones rentables (% del total)	0 (0.00%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (100.00%)
transacción rentable	0.00	transacción no rentable	-6 016.00
transacción rentable	0.00	transacción no rentable	-6 016.00
ganancias consecutivas (\$)	0 (0.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-6 016.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	0.00 (0)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-6 016.00 (1)
ganancias consecutivas	0	pérdidas consecutivas	1

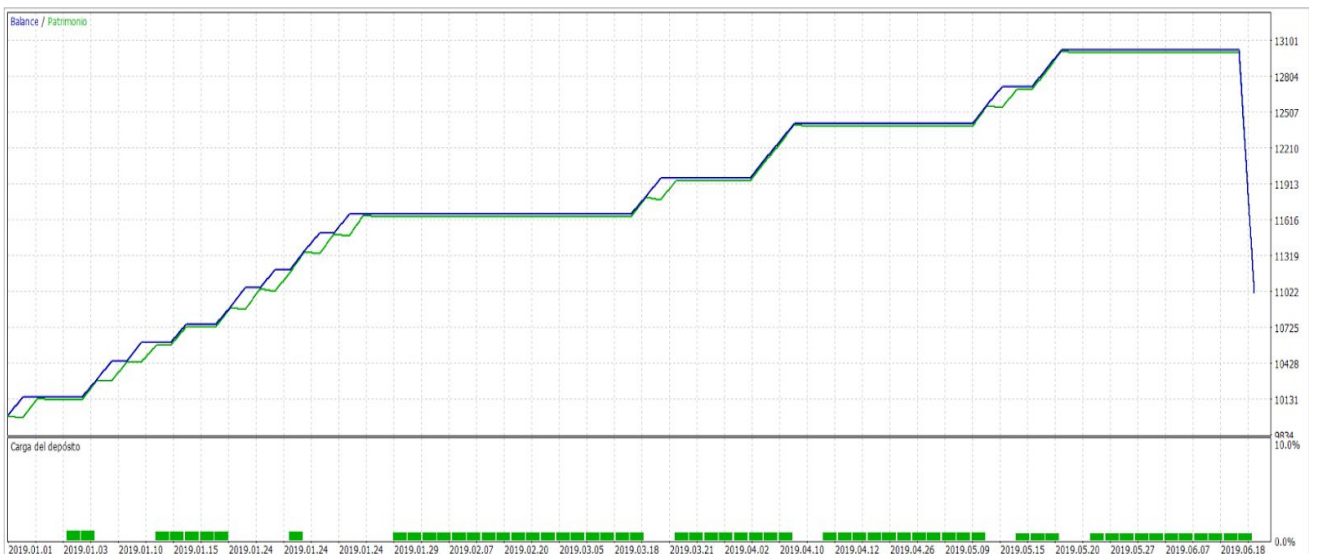


Inversió algorítmica al mercat de divises

EUR/CHF

Calidad del historial	100%
Barras	177872
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	1 020.00
Beneficio Bruto	3 020.00
Pérdidas Brutas	-2 000.00
Factor de Beneficio	1.51
Factor de Recuperación	0.51
AHPR	1.0053 (0.53%)
GHPR	1.0046 (0.46%)

Ticks	6845601	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	0.00	Reducción absoluta de la equidad	14.00
Reducción máxima del balance	2 000.00 (15.36%)	Reducción máxima de la equidad	2 000.00 (15.36%)
Reducción relativa del balance	15.36% (2 000.00)	Reducción relativa de la equidad	15.36% (2 000.00)
Beneficio Esperado	48.57	Nivel de margen	9986.00%
Ratio de Sharpe	0.15	Z-Score	-1.38 (83.24%)
LR Correlation	0.88	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	438.53		
Posiciones cortas (% rentables)	9 (100.00%)	Posiciones largas (% rentables)	12 (91.67%)
Posiciones rentables (% del total)	20 (95.24%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (4.76%)
transacción rentable	158.00	transacción no rentable	-2 000.00
transacción rentable	151.00	transacción no rentable	-2 000.00
ganancias consecutivas (\$)	20 (3 020.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-2 000.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	3 020.00 (20)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-2 000.00 (1)
ganancias consecutivas	20	pérdidas consecutivas	1

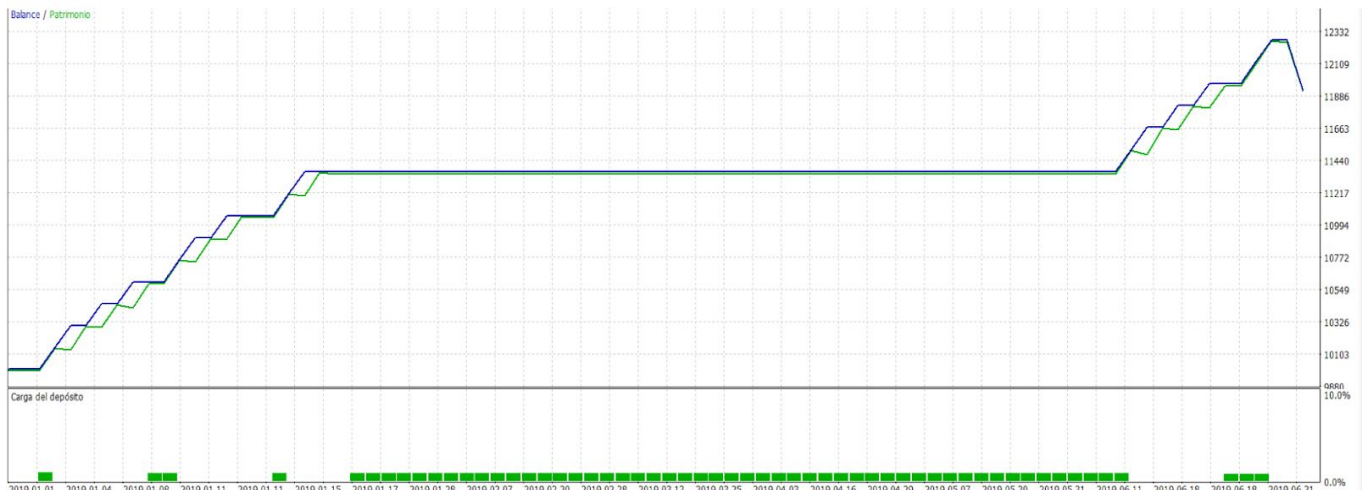


Inversión algorítmica al mercado de divisas

EUR/GBP

Calidad del historial	100%
Barras	177886
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	1 929.00
Beneficio Bruto	2 271.00
Pérdidas Brutas	-342.00
Factor de Beneficio	6.64
Factor de Recuperación	5.64
AHPR	1.0111 (1.11%)
GHPR	1.0111 (1.11%)

Ticks	8322494	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	0.00	Reducción absoluta de la equidad	6.00
Reducción máxima del balance	342.00 (2.79%)	Reducción máxima de la equidad	342.00 (2.79%)
Reducción relativa del balance	2.79% (342.00)	Reducción relativa de la equidad	2.79% (342.00)
Beneficio Esperado	120.56	Nivel de margen	9994.00%
Ratio de Sharpe	1.10	Z-Score	-1.13 (73.73%)
LR Correlation	0.99	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	113.31		
Posiciones cortas (% rentables)	10 (90.00%)	Posiciones largas (% rentables)	6 (100.00%)
Posiciones rentables (% del total)	15 (93.75%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (6.25%)
transacción rentable	156.00	transacción no rentable	-342.00
transacción rentable	151.40	transacción no rentable	-342.00
ganancias consecutivas (\$)	15 (2 271.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-342.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	2 271.00 (15)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-342.00 (1)
ganancias consecutivas	15	pérdidas consecutivas	1

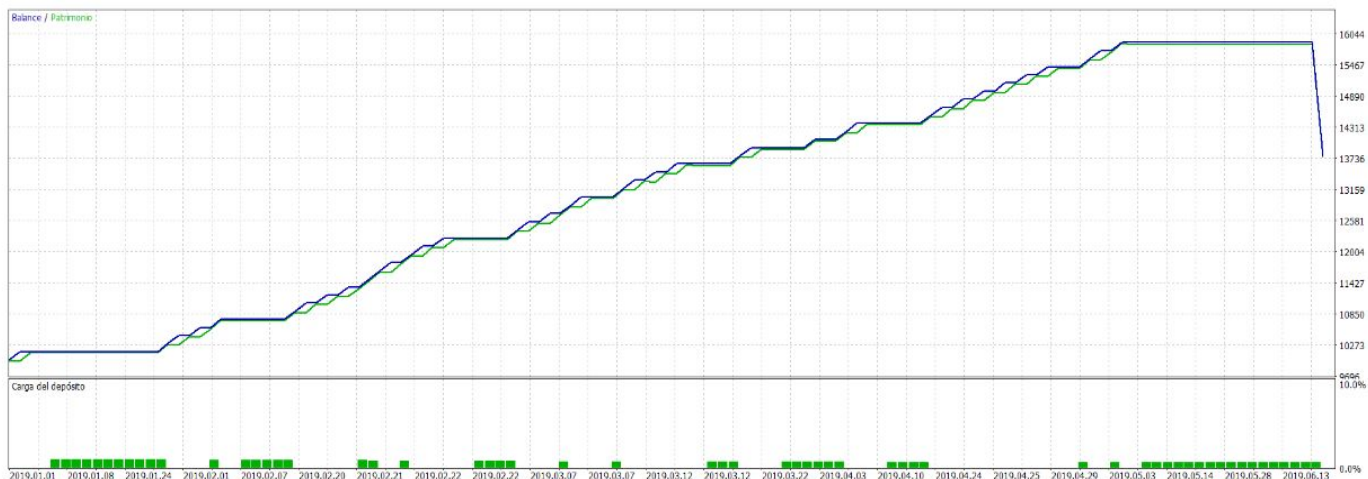


Inversió algorítmica al mercat de divises

EUR/JPY

Calidad del historial	99%
Barras	177894
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	3 780.00
Beneficio Bruto	5 887.00
Pérdidas Brutas	-2 107.00
Factor de Beneficio	2.79
Factor de Recuperación	1.79
AHPR	1.0083 (0.83%)
GHPR	1.0080 (0.80%)

Ticks	13740054	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	0.00	Reducción absoluta de la equidad	9.00
Reducción máxima del balance	2 107.00 (13.26%)	Reducción máxima de la equidad	2 107.00 (13.26%)
Reducción relativa del balance	13.26% (2 107.00)	Reducción relativa de la equidad	13.26% (2 107.00)
Beneficio Esperado	94.50	Nivel de margen	9991.00%
Ratio de Sharpe	0.37	Z-Score	-2.06 (96.06%)
LR Correlation	0.98	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	345.40		
Posiciones cortas (% rentables)	23 (100.00%)	Posiciones largas (% rentables)	17 (94.12%)
Posiciones rentables (% del total)	39 (97.50%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (2.50%)
transacción rentable	160.00	transacción no rentable	-2 107.00
transacción rentable	150.95	transacción no rentable	-2 107.00
ganancias consecutivas (\$)	39 (5 887.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-2 107.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	5 887.00 (39)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-2 107.00 (1)
ganancias consecutivas	39	pérdidas consecutivas	1

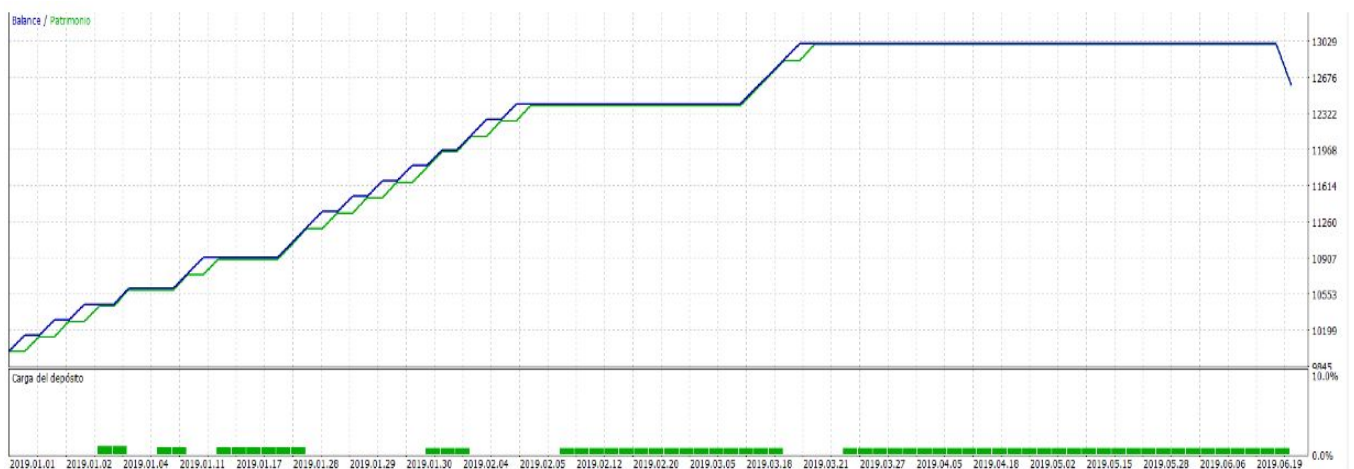


Inversión algorítmica al mercado de divisas

EUR/USD

Calidad del historial	99%
Barras	180765
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	2 609.00
Beneficio Bruto	3 011.00
Pérdidas Brutas	-402.00
Factor de Beneficio	7.49
Factor de Recuperación	6.49
AHPR	1.0111 (1.11%)
GHPR	1.0111 (1.11%)

Ticks	7430790	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	0.00	Reducción absoluta de la equidad	4.00
Reducción máxima del balance	402.00 (3.09%)	Reducción máxima de la equidad	402.00 (3.09%)
Reducción relativa del balance	3.09% (402.00)	Reducción relativa de la equidad	3.09% (402.00)
Beneficio Esperado	124.24	Nivel de margen	9996.00%
Ratio de Sharpe	1.18	Z-Score	-1.38 (83.24%)
LR Correlation	0.99	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	113.19		
Posiciones cortas (% rentables)	12 (100.00%)	Posiciones largas (% rentables)	9 (88.89%)
Posiciones rentables (% del total)	20 (95.24%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (4.76%)
transacción rentable	155.00	transacción no rentable	-402.00
transacción rentable	150.55	transacción no rentable	-402.00
ganancias consecutivas (\$)	20 (3 011.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-402.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	3 011.00 (20)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-402.00 (1)
ganancias consecutivas	20	pérdidas consecutivas	1

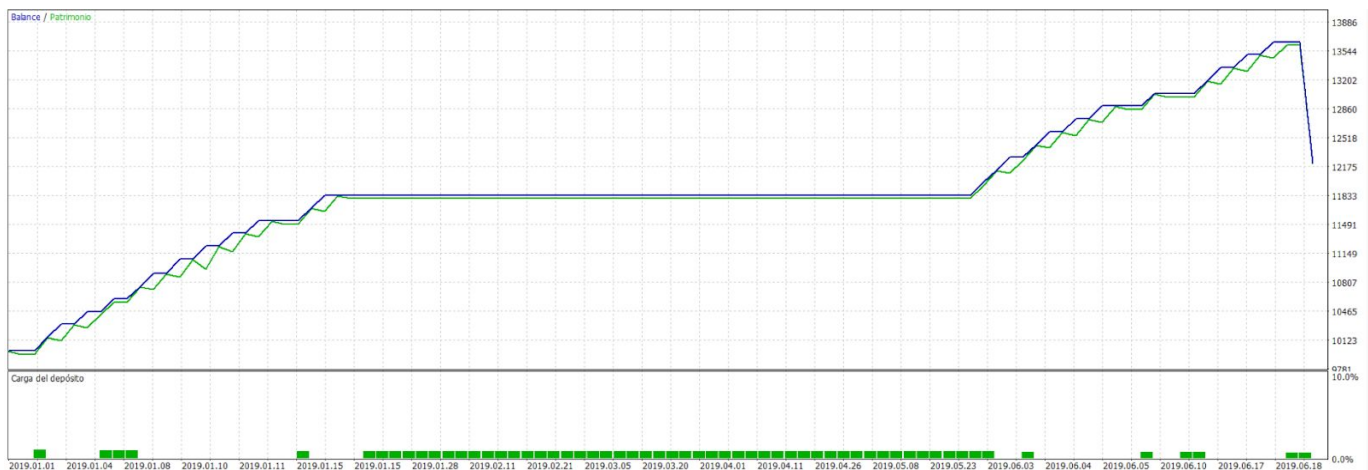


Inversión algorítmica al mercado de divisas

GBP/CHF

Calidad del historial	100%
Barras	177876
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	2 226.00
Beneficio Bruto	3 654.00
Pérdidas Brutas	-1 428.00
Factor de Beneficio	2.56
Factor de Recuperación	1.59
AHPR	1.0084 (0.84%)
GHPR	1.0081 (0.81%)

Ticks	11570764	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	0.00	Reducción absoluta de la equidad	35.00
Reducción máxima del balance	1 428.00 (10.46%)	Reducción máxima de la equidad	1 397.00 (10.25%)
Reducción relativa del balance	10.46% (1 428.00)	Reducción relativa de la equidad	10.25% (1 397.00)
Beneficio Esperado	89.04	Nivel de margen	9965.00%
Ratio de Sharpe	0.36	Z-Score	-1.55 (87.89%)
LR Correlation	0.96	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	298.62		
Posiciones cortas (% rentables)	14 (100.00%)	Posiciones largas (% rentables)	11 (90.91%)
Posiciones rentables (% del total)	24 (96.00%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (4.00%)
transacción rentable	167.00	transacción no rentable	-1 428.00
transacción rentable	152.25	transacción no rentable	-1 428.00
ganancias consecutivas (\$)	24 (3 654.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-1 428.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	3 654.00 (24)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-1 428.00 (1)
ganancias consecutivas	24	pérdidas consecutivas	1

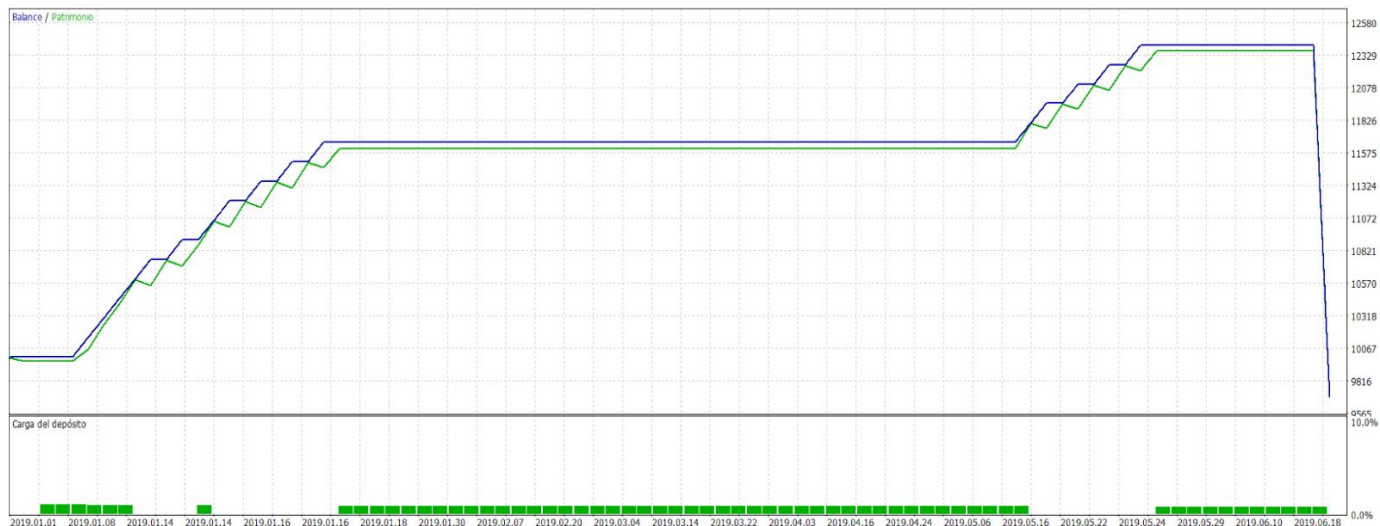


Inversión algorítmica al mercado de divisas

GBP/JPY

Calidad del historial	99%
Barras	177885
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	-300.00
Beneficio Bruto	2 410.00
Pérdidas Brutas	-2 710.00
Factor de Beneficio	0.89
Factor de Recuperación	-0.11
AHPR	0.9999 (-0.01%)
GHPR	0.9982 (-0.18%)

Ticks	14776104	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	300.00	Reducción absoluta de la equidad	300.00
Reducción máxima del balance	2 710.00 (21.84%)	Reducción máxima de la equidad	2 672.00 (21.60%)
Reducción relativa del balance	21.84% (2 710.00)	Reducción relativa de la equidad	21.60% (2 672.00)
Beneficio Esperado	-17.65	Nivel de margen	9974.00%
Ratio de Sharpe	-0.00	Z-Score	-1.19 (76.60%)
LR Correlation	0.65	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	638.00		
Posiciones cortas (% rentables)	9 (100.00%)	Posiciones largas (% rentables)	8 (87.50%)
Posiciones rentables (% del total)	16 (94.12%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (5.88%)
transacción rentable	152.00	transacción no rentable	-2 710.00
transacción rentable	150.63	transacción no rentable	-2 710.00
ganancias consecutivas (\$)	16 (2 410.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-2 710.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	2 410.00 (16)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-2 710.00 (1)
ganancias consecutivas	16	pérdidas consecutivas	1



Inversión algorítmica al mercado de divisas

GBP/USD

Calidad del historial	100%
Barras	180773
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	2 361.00
Beneficio Bruto	2 868.00
Pérdidas Brutas	-507.00
Factor de Beneficio	5.66
Factor de Recuperación	4.66
AHPR	1.0107 (1.07%)
GHPR	1.0107 (1.07%)

Ticks	12008746	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	0.00	Reducción absoluta de la equidad	6.00
Reducción máxima del balance	507.00 (3.94%)	Reducción máxima de la equidad	507.00 (3.94%)
Reducción relativa del balance	3.94% (507.00)	Reducción relativa de la equidad	3.94% (507.00)
Beneficio Esperado	118.05	Nivel de margen	9994.00%
Ratio de Sharpe	0.93	Z-Score	-1.33 (81.65%)
LR Correlation	0.99	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	136.28		
Posiciones cortas (% rentables)	11 (100.00%)	Posiciones largas (% rentables)	9 (88.89%)
Posiciones rentables (% del total)	19 (95.00%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (5.00%)
transacción rentable	155.00	transacción no rentable	-507.00
transacción rentable	150.95	transacción no rentable	-507.00
ganancias consecutivas (\$)	19 (2 868.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-507.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	2 868.00 (19)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-507.00 (1)
ganancias consecutivas	19	pérdidas consecutivas	1

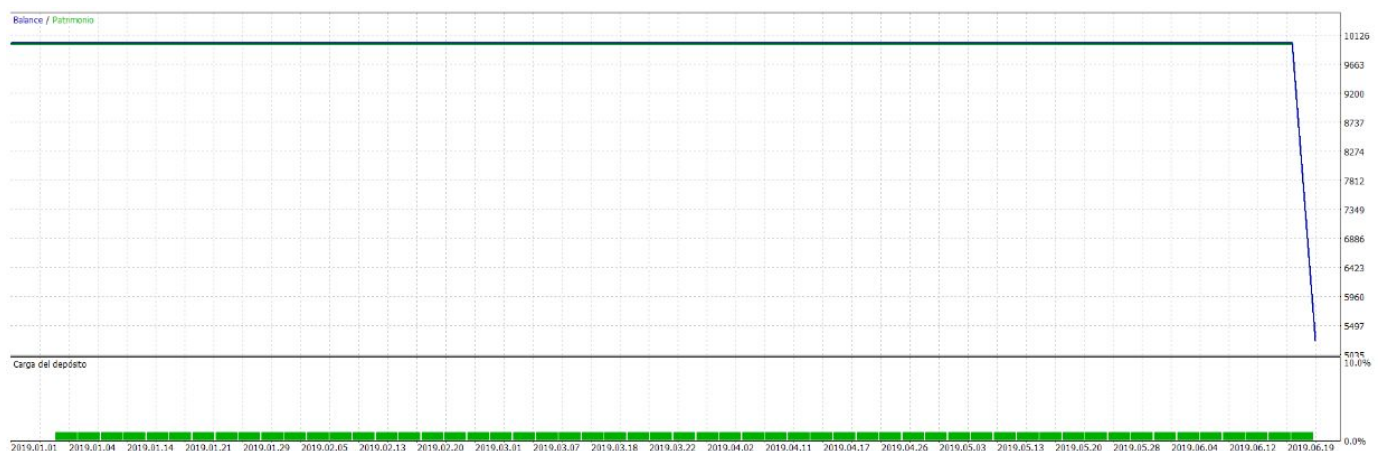


Inversió algorítmica al mercat de divises

USD/CAD

Calidad del historial	100%
Barras	177853
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	-4 729.00
Beneficio Bruto	0.00
Pérdidas Brutas	-4 729.00
Factor de Beneficio	0.00
Factor de Recuperación	-1.00
AHPR	0.5271 (-47.29%)
GHPR	0.5271 (-47.29%)

Ticks	6751028	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	4 729.00	Reducción absoluta de la equidad	4 729.00
Reducción máxima del balance	4 729.00 (47.29%)	Reducción máxima de la equidad	4 729.00 (47.29%)
Reducción relativa del balance	47.29% (4 729.00)	Reducción relativa de la equidad	47.29% (4 729.00)
Beneficio Esperado	-4729.00	Nivel de margen	9993.00%
Ratio de Sharpe	0.00	Z-Score	0.00 (0.00%)
LR Correlation	0.00	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	0.00		
Posiciones cortas (% rentables)	0 (0.00%)	Posiciones largas (% rentables)	1 (0.00%)
Posiciones rentables (% del total)	0 (0.00%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (100.00%)
transacción rentable	0.00	transacción no rentable	-4 729.00
transacción rentable	0.00	transacción no rentable	-4 729.00
ganancias consecutivas (\$)	0 (0.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-4 729.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	0.00 (0)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-4 729.00 (1)
ganancias consecutivas	0	pérdidas consecutivas	1

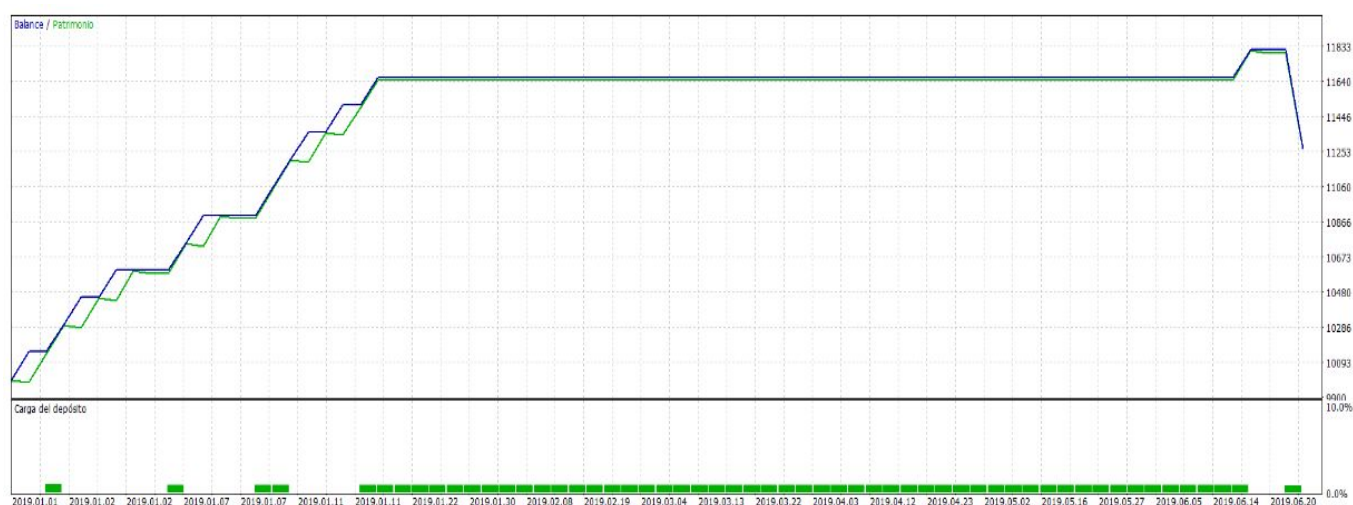


Inversió algorítmica al mercat de divises

USD/CHF

Calidad del historial	100%
Barras	180706
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	1 273.00
Beneficio Bruto	1 815.00
Pérdidas Brutas	-542.00
Factor de Beneficio	3.35
Factor de Recuperación	2.35
AHPR	1.0094 (0.94%)
GHPR	1.0093 (0.93%)

Ticks	6148892	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	0.00	Reducción absoluta de la equidad	9.00
Reducción máxima del balance	542.00 (4.59%)	Reducción máxima de la equidad	542.00 (4.59%)
Reducción relativa del balance	4.59% (542.00)	Reducción relativa de la equidad	4.59% (542.00)
Beneficio Esperado	97.92	Nivel de margen	9991.00%
Ratio de Sharpe	0.59	Z-Score	-0.96 (66.29%)
LR Correlation	0.95	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	172.47		
Posiciones cortas (% rentables)	6 (100.00%)	Posiciones largas (% rentables)	7 (85.71%)
Posiciones rentables (% del total)	12 (92.31%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (7.69%)
transacción rentable	156.00	transacción no rentable	-542.00
transacción rentable	151.25	transacción no rentable	-542.00
ganancias consecutivas (\$)	12 (1 815.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-542.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	1 815.00 (12)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-542.00 (1)
ganancias consecutivas	12	pérdidas consecutivas	1



Inversió algorítmica al mercat de divises

USD/JPY

Calidad del historial	100%
Barras	180767
Depósito inicial	10 000.00
Beneficio Neto	2 755.00
Beneficio Bruto	4 364.00
Pérdidas Brutas	-1 609.00
Factor de Beneficio	2.71
Factor de Recuperación	1.72
AHPR	1.0084 (0.84%)
GHPR	1.0081 (0.81%)

Ticks	8032837	Símbolos	1
Reducción absoluta del balance	0.00	Reducción absoluta de la equidad	4.00
Reducción máxima del balance	1 609.00 (11.20%)	Reducción máxima de la equidad	1 601.00 (11.15%)
Reducción relativa del balance	11.20% (1 609.00)	Reducción relativa de la equidad	11.15% (1 601.00)
Beneficio Esperado	91.83	Nivel de margen	9996.00%
Ratio de Sharpe	0.38	Z-Score	-1.74 (91.81%)
LR Correlation	0.97	Resultado de OnTester	0
LR Standard Error	306.04		
Posiciones cortas (% rentables)	15 (100.00%)	Posiciones largas (% rentables)	15 (93.33%)
Posiciones rentables (% del total)	29 (96.67%)	Posiciones no rentables (% del total)	1 (3.33%)
transacción rentable	153.00	transacción no rentable	-1 609.00
transacción rentable	150.48	transacción no rentable	-1 609.00
ganancias consecutivas (\$)	29 (4 364.00)	pérdidas consecutivas (\$)	1 (-1 609.00)
beneficio consecutivo (número de ganancias)	4 364.00 (29)	pérdidas consecutivas (número de pérdidas)	-1 609.00 (1)
ganancias consecutivas	29	pérdidas consecutivas	1



9.2 Codi font de l'algoritme

```
1 #include<Trade\Trade.mqh>
2
3 // ocasió d'inversió
4 CTrade trade;
5
6 void OnTick()
7 {
8     // cadena buida
9     string entry="";
10
11     // obtenir el preu d'oferta
12     double Ask=NormalizeDouble(SymbolInfoDouble(_Symbol,SYMBOL_ASK),_Digits);
13
14     // obtenir el preu de demanda
15     double Bid=NormalizeDouble(SymbolInfoDouble(_Symbol,SYMBOL_BID),_Digits);
16
17     // desplegament pel preu
18     MqlRates PriceInfo[];
19
20     // definir la vela actual costa avall
21     ArraySetAsSeries(PriceInfo,true);
22
23     // omplir el desplegament amb la informació del preu
24     int PriceData =CopyRates(Symbol(),Period(),0,3,PriceInfo);
25
26     // crear un desplegament per varis preus
27     double UpperBandArray[];
28     double LowerBandArray[];
29
30     // definir la vela actual costa avall
31     ArraySetAsSeries(UpperBandArray,true);
32     ArraySetAsSeries(LowerBandArray,true);
33
34     // definir les Bandes de Bollinger
35     int BollingerBandsDefinition=iBands(_Symbol,_Period,20,0,2,PRICE_CLOSE);
36
37     // copiar preu
38     CopyBuffer(BollingerBandsDefinition,1,0,3,UpperBandArray);
39     CopyBuffer(BollingerBandsDefinition,2,0,3,LowerBandArray);
40
41
42
43     // calcular "expert advisor" a la vela actual
44     double myUpperBandValue=UpperBandArray[0];
45     double myLowerBandValue=LowerBandArray[0];
46
47
48
49
50     // calcular "expert advisor" a la vela anterior
51     double myLastUpperBandValue=UpperBandArray[1];
52     double myLastLowerBandValue=LowerBandArray[1];
53
54
55     if ( //observar si creua per baix
56         (PriceInfo[0].close<myLowerBandValue)
57         && (PriceInfo[1].close>myLastLowerBandValue)
58     )
59     {
60         entry="buy";
61     }
62
63     if ( //observar creua per dalt
64         (PriceInfo[0].close>myUpperBandValue)
65         && (PriceInfo[1].close<myLastUpperBandValue)
66     )
67     {
68         entry="sell";
69     }
70
71
72
73
74     if (entry == "buy" && PositionsTotal()<1)
75
76     // comprar 0.1 lots (1 lot = 100.000 unitats de la moneda)
77     trade.Buy(0.10,NULL,Ask,0,(Ask+150 * _Point),NULL);
78
79     // vendre 0.1 lots (1 lot = 100.000 unitats de la moneda)
80     if (entry == "sell" && PositionsTotal()<1)
81     trade.Sell(0.10,NULL,Bid,0,(Bid-150 * _Point),NULL);
82
83     Comment ("Entry Signal:", entry);
84
85 }
86
```

10. Bibliografia

Inversió algorítmica al mercat de divises

«6391a6c3a55ed2a5bd2848ba8120b68b.jpg (1607x796)». Accedit el 3 de setembre de 2019. <http://chirana.biz/img/6391a6c3a55ed2a5bd2848ba8120b68b.jpg>.

«Bollinger Bands [ChartSchool]». Accedit el 21 d'agost de 2019. https://school.stockcharts.com/doku.php?id=technical_indicators:bollinger_bands

«Download the “PipTick Volume MT5” Technical Indicator for MetaTrader 5 in MetaTrader Market». Accedit el 27 d'agost de 2019. <https://www.mql5.com/en/market/product/7884>.

«Entendiendo las Líneas de Tendencia y Canales | DailyForex». Accedit el 3 de juny de 2019. <https://es.dailyforex.com/forex-articles/2012/05/entendiendo-las-l%C3%ADneas-de-tendencia-y-canales/12077>.

«Online Forex Expert Advisor Generator for MetaTrader». Accedit el 27 d'agost de 2019. <http://www.forexeadvisor.com/>.

«Funciones de los Mercados Financieros.» Accedit el 20 de juny de 2019. https://rodas5.us.es/file/5ee41cb6-7a93-62bf-0d19-d31b4bf97a93/1/tema1.2_SC ORM.zip/page_03.htm.

«Grafico USD CNY - Cambio Dolar Yuan — TradingView». Accedit el 26 d'agost de 2019. <https://es.tradingview.com/symbols/USDCNY/>.

«interpretar-graficos-forex-tendencia-lateral.png (952x474)». Accedit el 24 d'agost de 2019. <https://d31dn7nfpuwjnm.cloudfront.net/images/valoraciones/0026/7456/interpretar-graficos-forex-tendencia-lateral.png?1490862329>.

«John Bollinger's Official Bollinger Band Website». Accedit el 29 d'agost de 2019. <https://www.bollingerbands.com/>.

«macd5.jpg (1798x1110)». Accedit el 20 d'agost de 2019. <https://www.meilleurbrokers.com/images/macd/macd5.jpg>.

Inversió algorítmica al mercat de divises

«Como crear tu estrategia en un expert advisor sin programar - YouTube». Accedit el 25 d'agost de 2019. https://www.youtube.com/watch?v=a_45mx4Gi-M&t=1451s.

«How to Create a Trading Robot in the MQL5 Wizard of MetaTrader Platforms - YouTube». Accedit el 25 d'agost de 2019.. https://www.youtube.com/watch?v=XVW_6X_uf8Q.

«MQL5 Tutorial - Simple Bollinger Bands Robot - YouTube». Accedit el 25 d'agost de 2019.. <https://www.youtube.com/watch?v=V-4tBxaeRTM&t=158s>.

«MQL5 TUTORIAL - SIMPLE STANDALONE BOLLINGER BANDS EXPERT ADVISOR - YouTube». Accedit el 25 d'agost de 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=o4jVeJdYTkM&t=135s>.

«Mercado de divisas - Definición, qué es y concepto | Economipedia». Accedit el 28 de maig de 2019. <https://economipedia.com/definiciones/mercado-de-divisas-forex.html>.

«piptick-volume-mt5-screen-4746.jpg (640x480)». Accedit el 27 de juliol de 2019. <https://c.mql5.com/31/49/piptick-volume-mt5-screen-4746.jpg>.

«Plataforma para fórex y las bolsas de valores: MetaTrader 5». Accedit el 3 de juny de 2019. <https://www.metatrader5.com/>.

«¿Qué factores afectan al mercado de divisas? | Economipedia». Accedit el 28 de maig de 2019. <https://economipedia.com/guia/que-factores-afectan-al-mercado-de-divisas.html>.

«¿Qué mercados financieros existen? - Instituto Europeo de Posgrado». Accedit el 5 de juny de 2019. <https://www.iep.edu.es/que-mercados-financieros-existen/>.

«(ROBOTRADER: ALGORITHMIC TRADING SYSTEMS IN FINANCIAL MARKETS)». Accedit el 7 de juny de 2019. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/216/Robotrader:+sistemas+algoritmicos+de+trading+en+los+mercados+financieros..pdf?sequence=1>

Inversió algorítmica al mercat de divises

«Multi-Asset Risk Modeling: Techniques for a Global Economy in an Electronic ... - Morton Glantz, Robert L. Kissell - Google Books». Accedit el 2 de setembre de 2019.

https://books.google.es/books?id=7TcTAAAAQBAJ&pg=PA258&lpg=PA258&dq=algorítmica+trading,+percent+of+total+trades+%22Aite+Group%22&source=bl&ots=4UYXH8tFS8&sig=IDIUykg7qVjGGo7X9wk6o4RGdc&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=algorítmica%20trading%2C%20percent%20of%20total%20trades%20%22Aite%20Group%22&f=false.

«super-rsi-wmt-daily.png (996×614)». Accedit el 29 d'agost de 2019.

https://www.fibozachi.com/media/com_twojtoolbox/super-rsi-wmt-daily.png.

«TFG_Eloy_Lopez_Diaz_2017.pdf». Accedit el 10 de juny de 2019.

https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/27524/TFG_Eloy_Lopez_Diaz_2017.pdf.

«Triennial Central Bank Survey of Foreign Exchange and Over-the-counter (OTC) Derivatives Markets in 2019». Accedit el 3 de setembre de 2019.

<https://www.bis.org/statistics/rpfx19.htm>.