Sumari

SUMARI 1

ANNEX A 3

A.1 Línies d'estudi: Cas 1 3

A.1.1 Llaç simple 3

A.1.2 Llaç simple amb conductor comú 14

A.1.3 Llaç doble 17

A.2. Línies d'estudi: Cas 2 18

A.2.1. Posició relativa de les fases 18

A.2.2 Disseny del llaç 21

A.2.3 Disseny d'un llaç sense obligar a que tots els braços estiguin a la mateixa altura 27

A.2.4 Disseny d'un llaç que permeti compensar un dels dos costats de la LAT 28

A.3 Línies d'estudi: Cas 3 29

A.3.1 Posició relativa de les fases 29

A.3.2 Llaç simple amb conductor comú i llaç doble 32

ANNEX A

A.1 Línies d'estudi: Cas 1

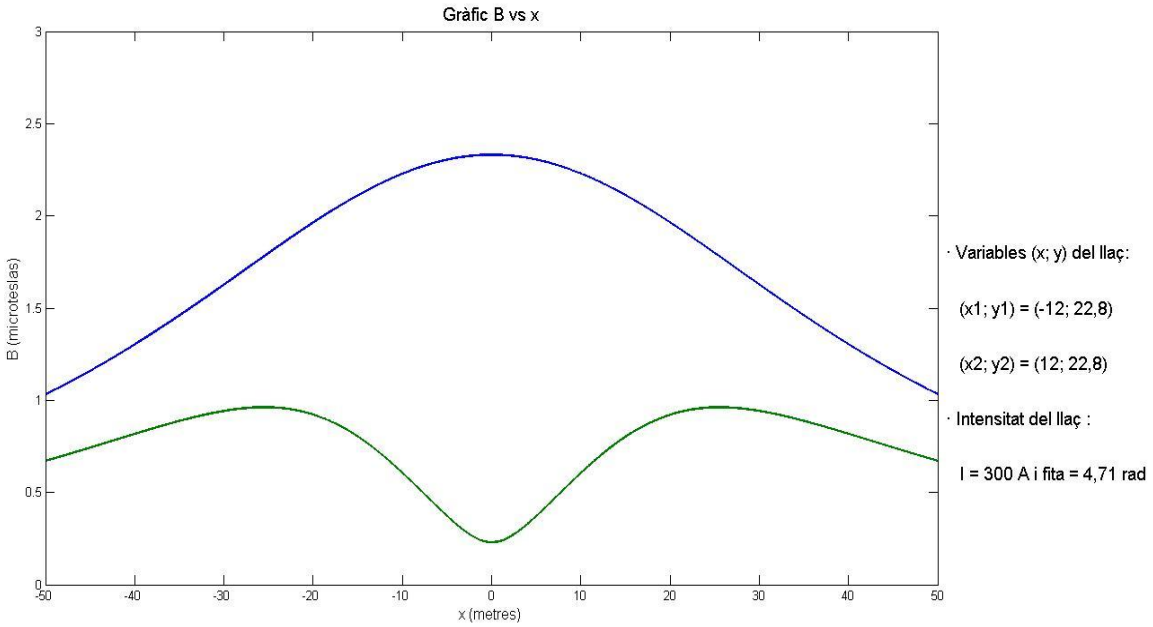
A.1.1 Llaç simple

A.1.1.1 Configuracions de (I; x; y) amb les que B (0; 1) = 56,10 nT.

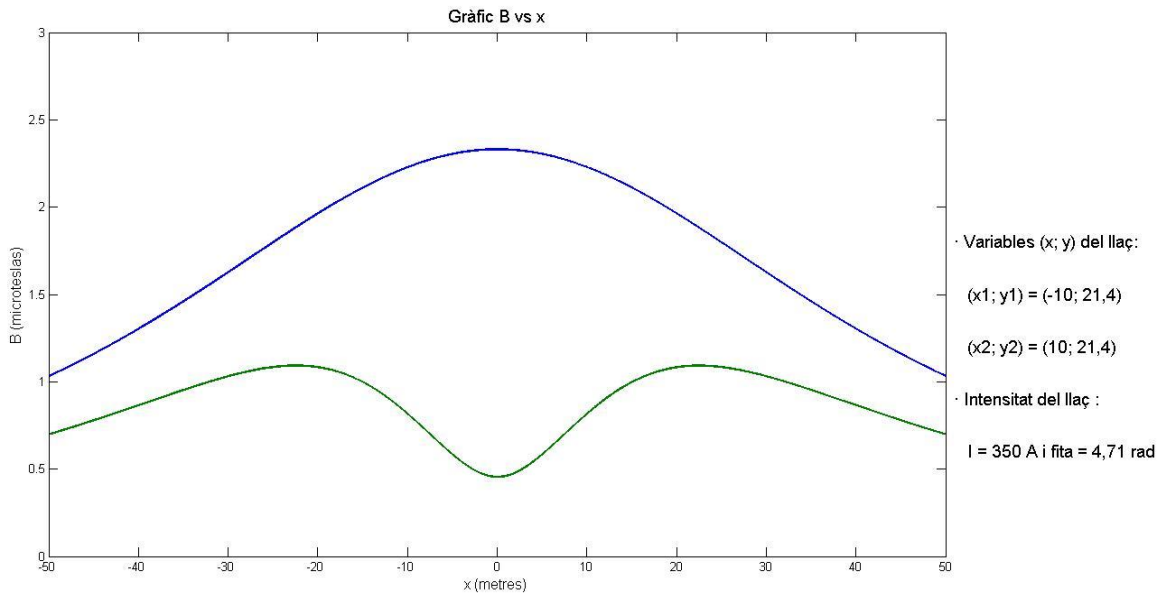
Quan s'introdueixen valors inicials diferents a les variables a iterar els programes d'optimització poden trobar solucions (I; x; y) diferents, però totes amb el mateix valor en la funció òptima.

En les següents figures, es poden observar diferents exemples de les solucions que donen com a valor de *B* 0,056 µT en el punt (0;1).

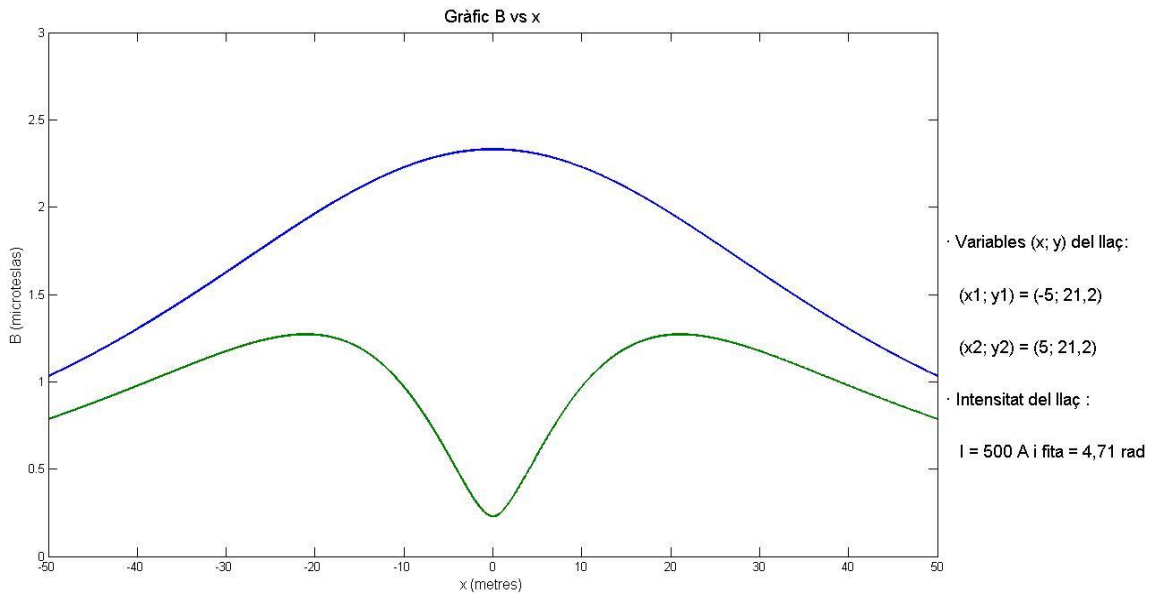
Com es pot veure, a cada gràfica se li ha afegit una llegenda que descriu el llaç.



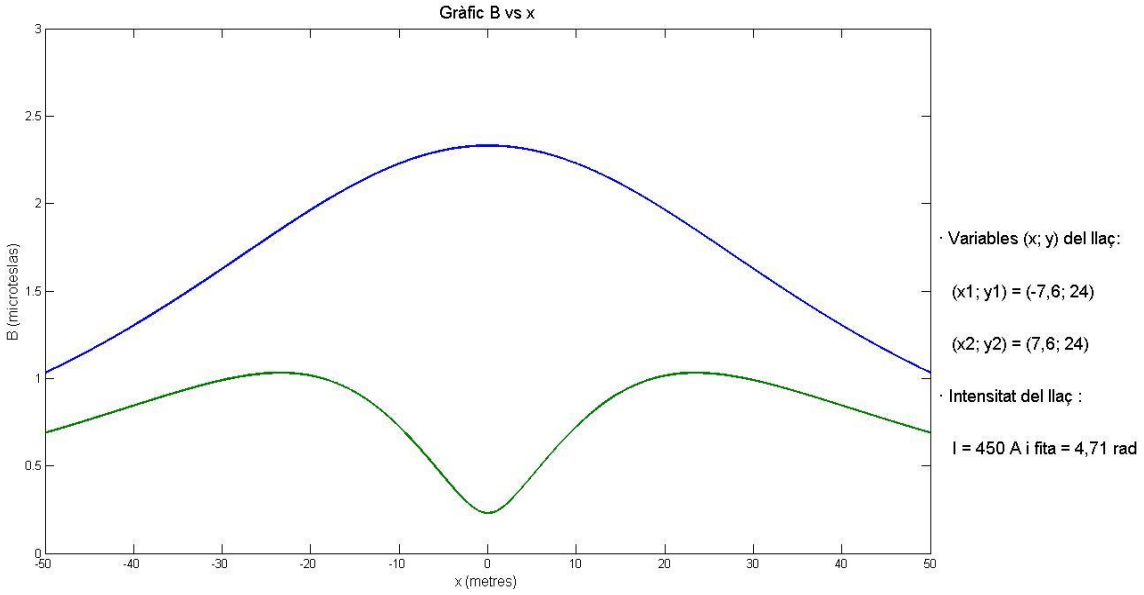
A1 Gràfic B vs. x que s'obté amb la configuració que es descriu a la llegenda.



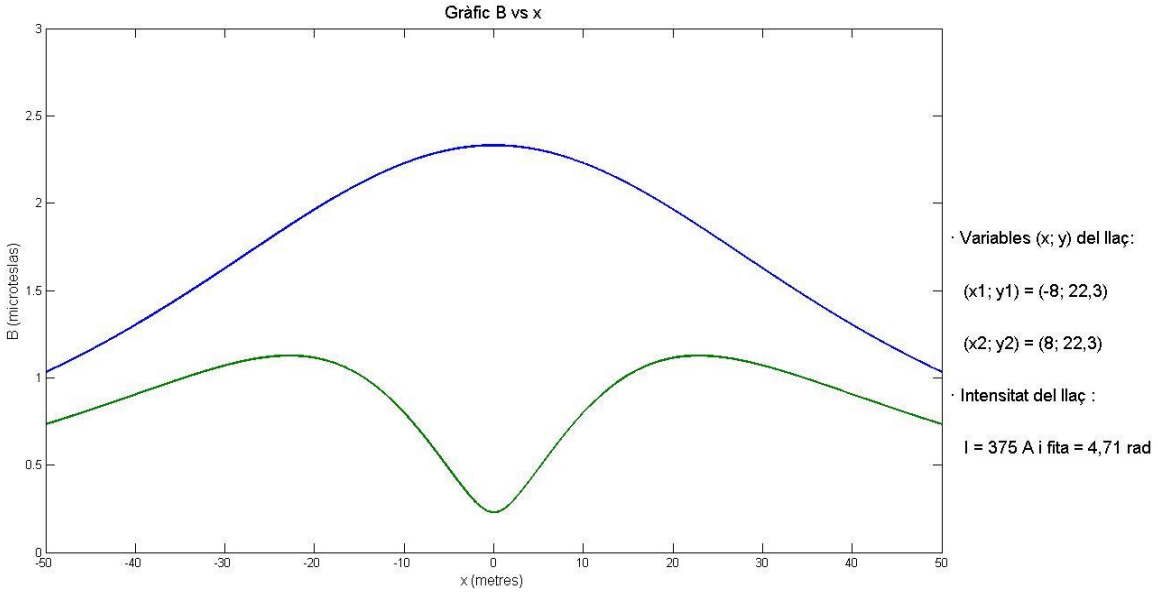
A2 Gràfic B vs. x que s'obté amb la configuració que es descriu a la llegenda.



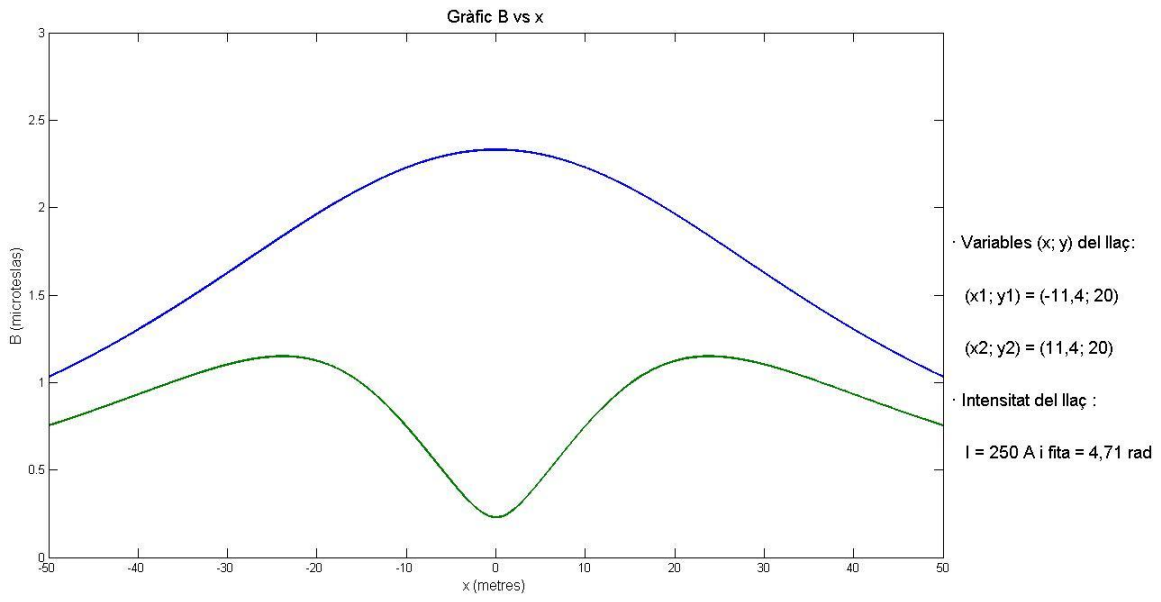
A3 Gràfic B vs. x que s'obté amb la configuració que es descriu a al llegenda.



A4 Gràfic B vs. x que s'obté amb la configuració que es descriu a al llegenda.



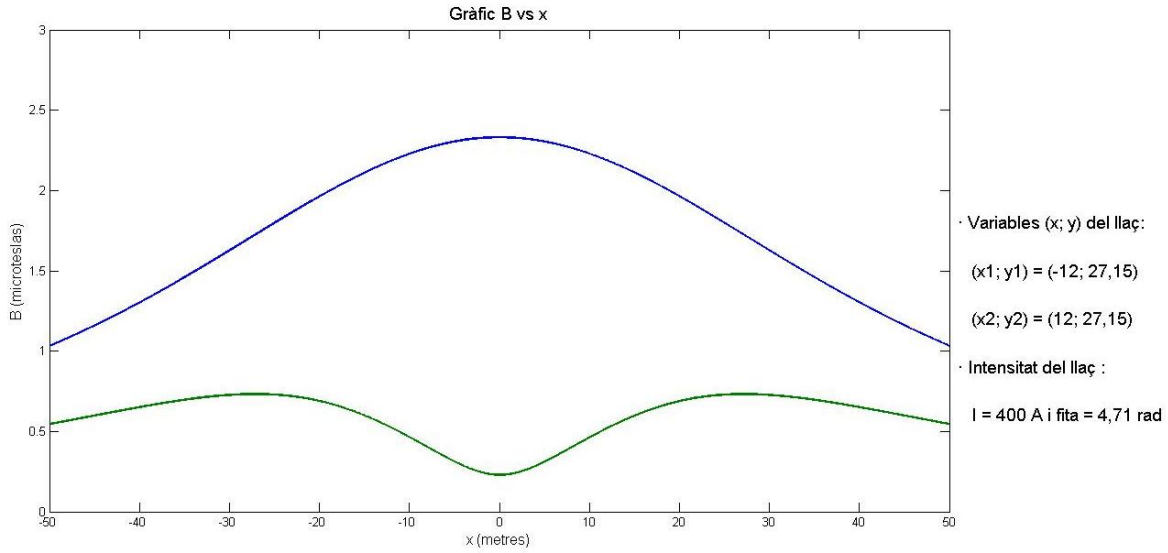
A5 Gràfic B vs. x que s'obté amb la configuració que es descriu a al llegenda.



A6 Gràfic B vs. x que s'obté amb la configuració que es descriu a al llegenda.

A.1.1.2 Evolució del gràfic B vs. x (I)

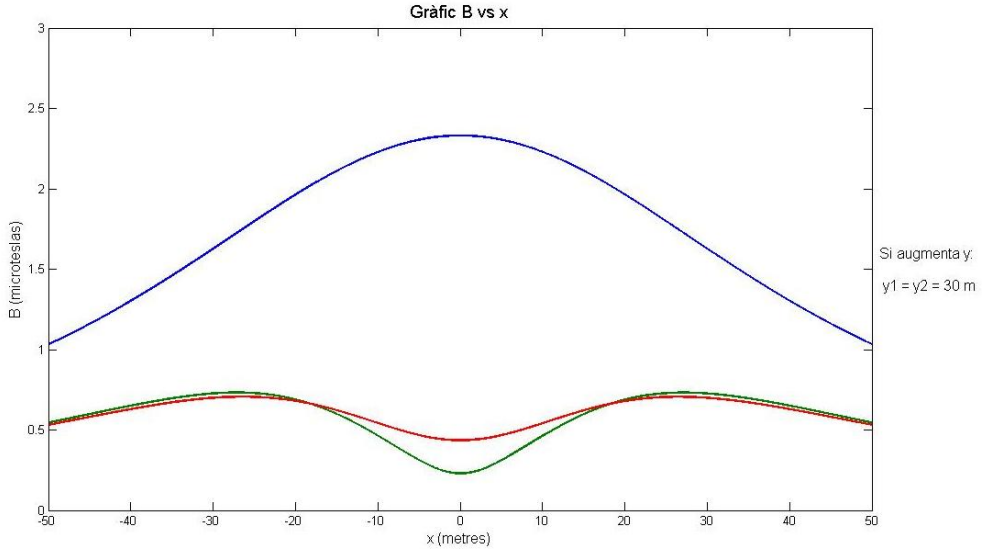
En les següents figures, s'observa com modificant individualment qualsevol paràmetre que descriu el llaç de les gràfiques del punt anterior el valor de *B* en (0;1) i el CM de tota la gràfica augmenten progressivament. Per evidenciar-ho, s'ha escollit la gràfica 5.12. En la imatge A7 es dibuixa aquesta gràfica i les seves característiques.



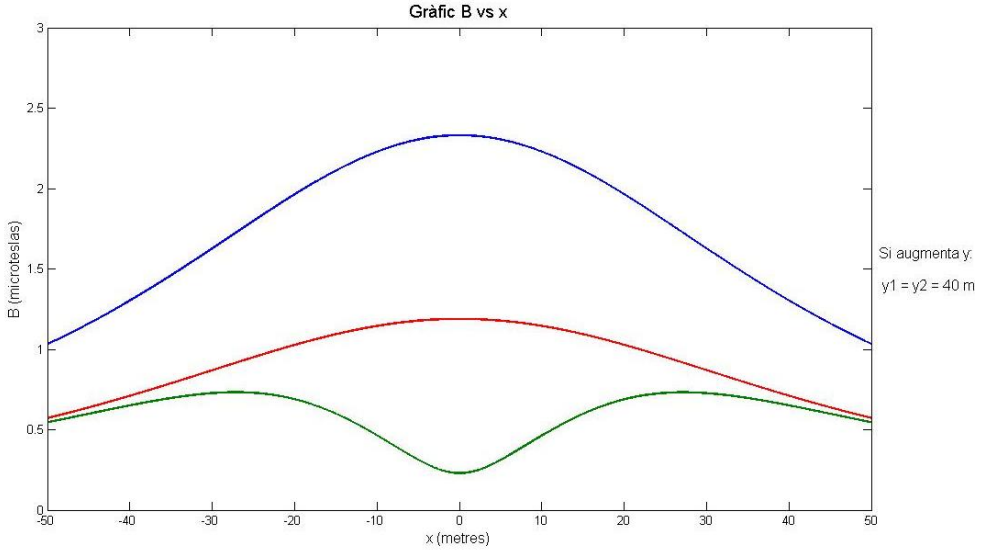
A7 Fig 5.12 de la memòria i les característiques del seu llaç.

Com es veu a continuació, s'han anat fent modificacions a alguna de les variables del llaç. A cada gràfica, s'hi troben la corba dibuixada inicialment (verd) i la que s'obté en fer la modificació indicada en la llegenda (vermell).

Si s'augmenta y:

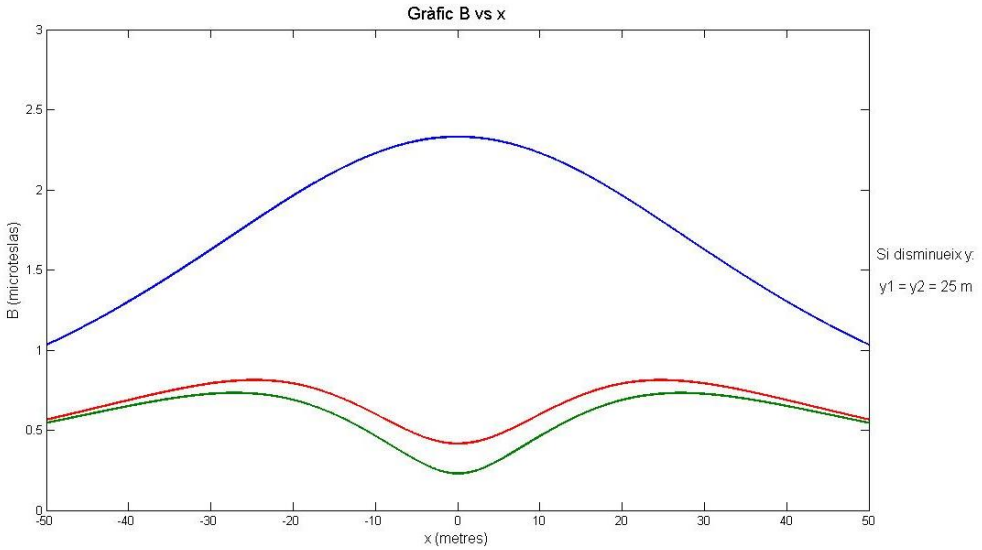


A8 Gràfic que reflexa l'empitjorament de la compensació en fer la modificació descrita a la llegenda.

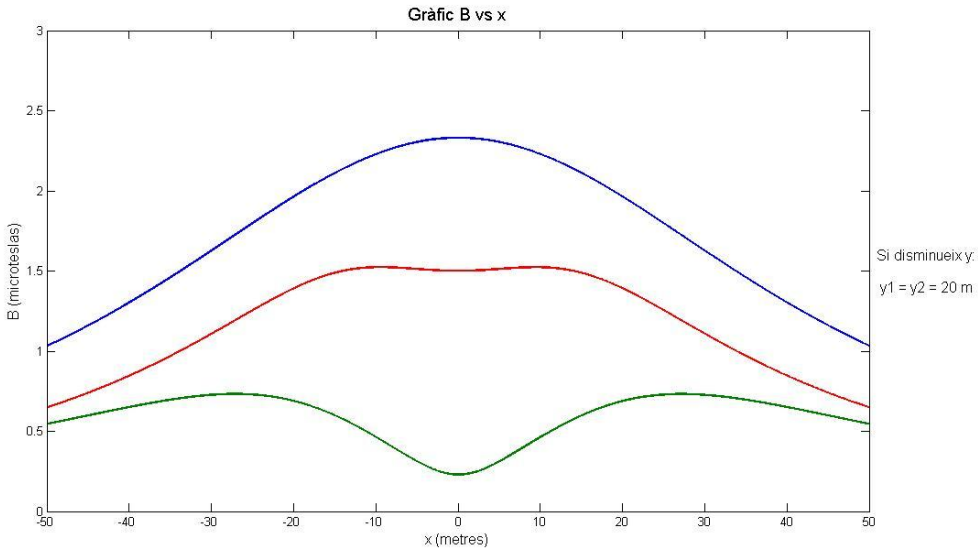


A9 Gràfic que reflexa l'empitjorament de la compensació en fer la modificació descrita a la llegenda.

Si es disminueix y:

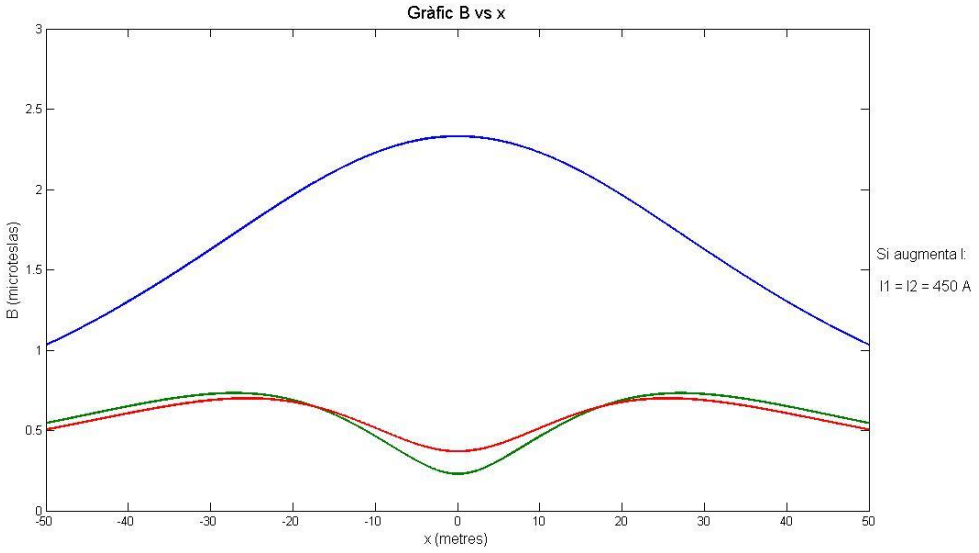


A10 Gràfic que reflexa l'empitjorament de la compensació en fer la modificació descrita a la llegenda.

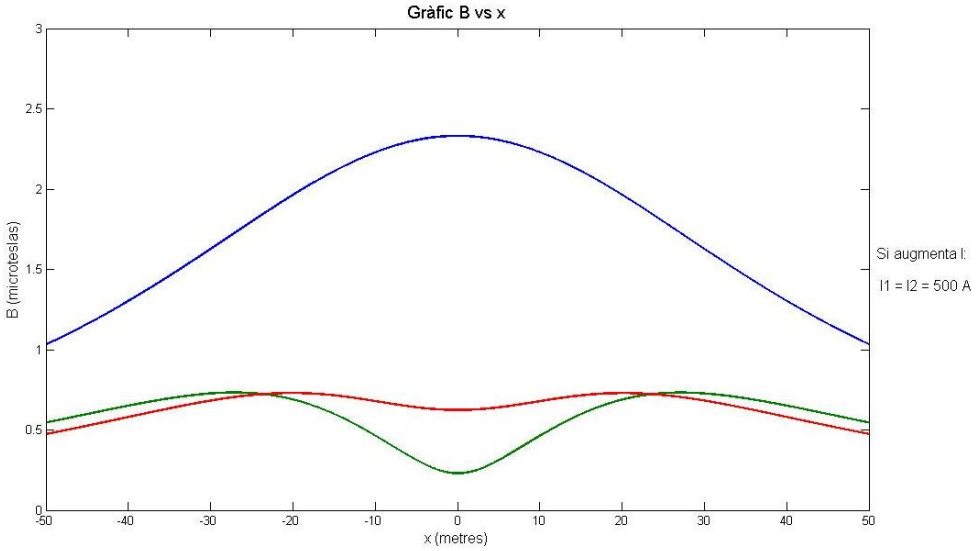


A11 Gràfic que reflexa l'empitjorament de la compensació en fer la modificació descrita a la llegenda.

Si s'augmenta I:

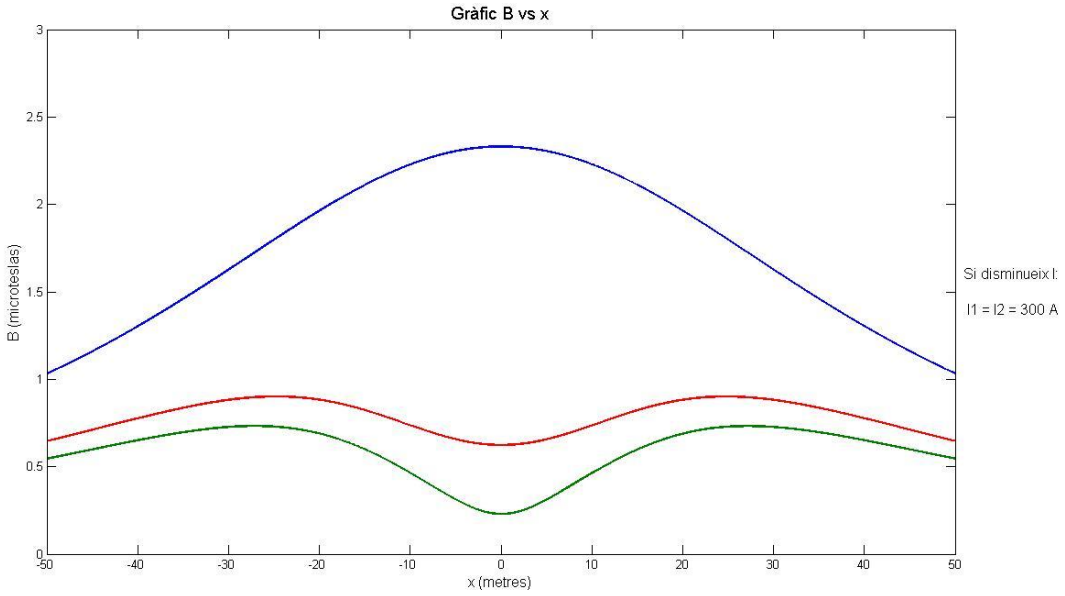


A12 Gràfic que reflexa l'empitjorament de la compensació en fer la modificació descrita a la llegenda.

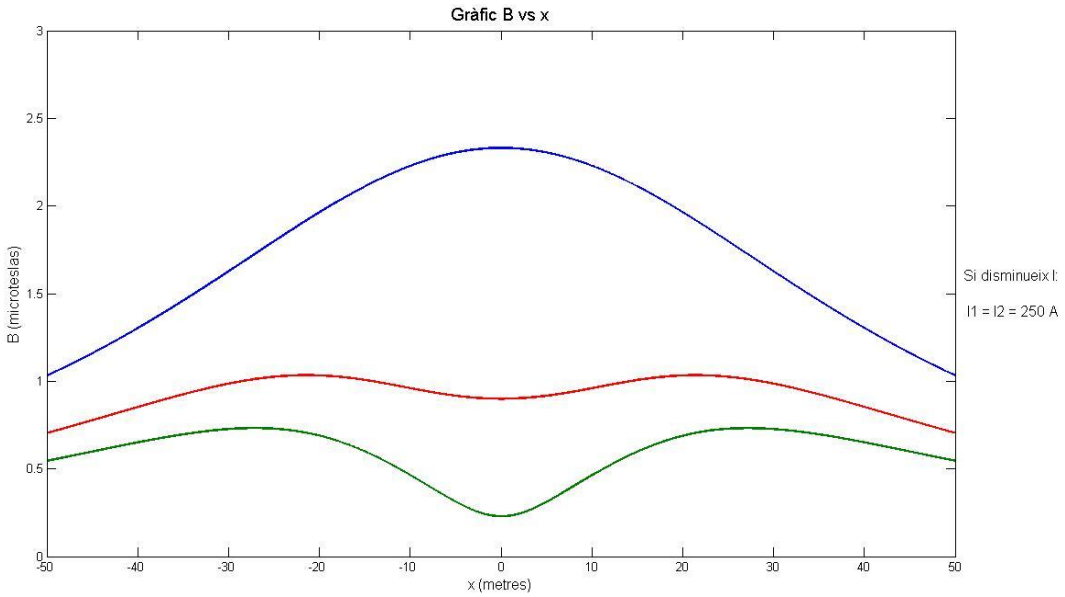


A13 Gràfic que reflexa l'empitjorament de la compensació en fer la modificació descrita a la llegenda.

Si I disminueix:

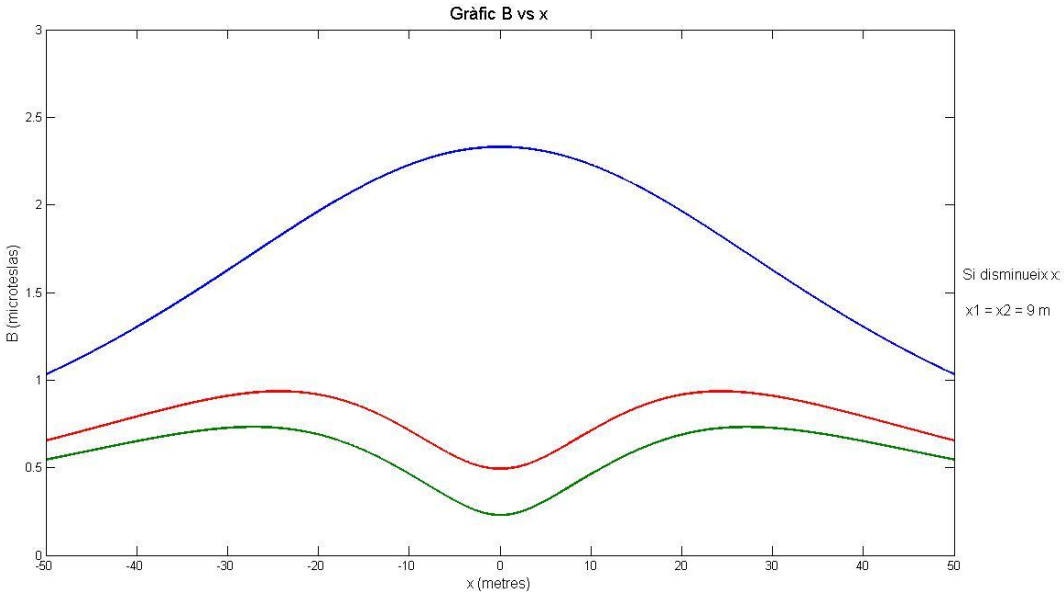


A14 Gràfic que reflexa l'empitjorament de la compensació en fer la modificació descrita a la llegenda.

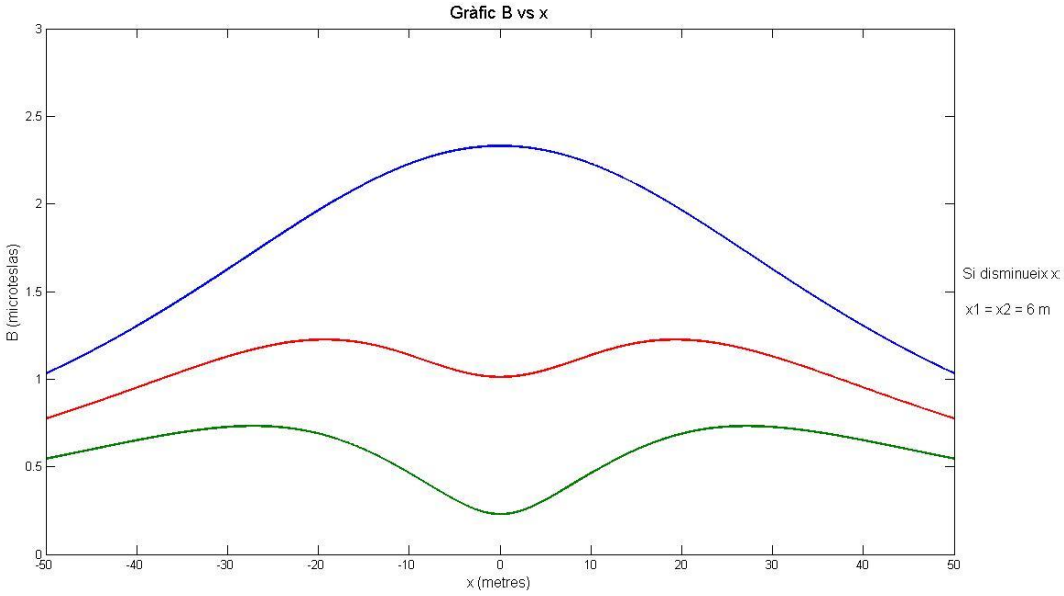


A15 Gràfic que reflexa l'empitjorament de la compensació en fer la modificació descrita a la llegenda.

Pel que fa a les coordenades x, com que en la solució que s'està estudiant aquesta ja és màxima, tan sols s'analitzen solucions amb x menors.



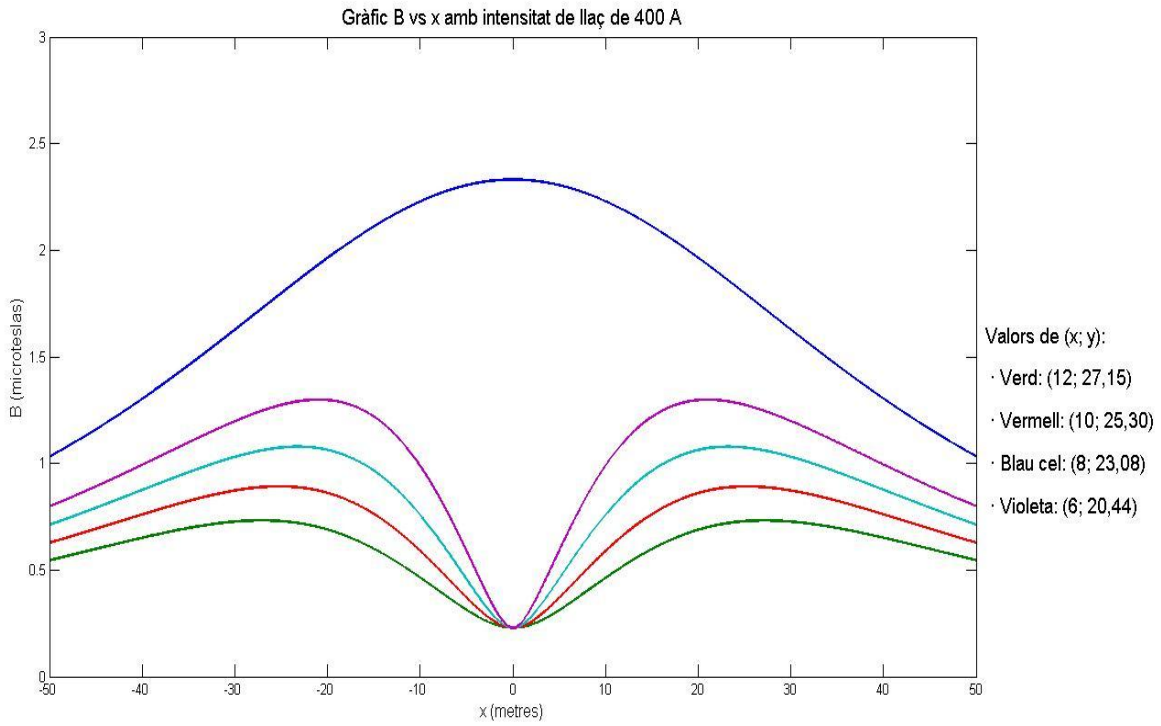
A16 Gràfic que reflexa l'empitjorament de la compensació en fer la modificació descrita a la llegenda.



A17 Gràfic que reflexa l'empitjorament de la compensació en fer la modificació descrita a la llegenda.

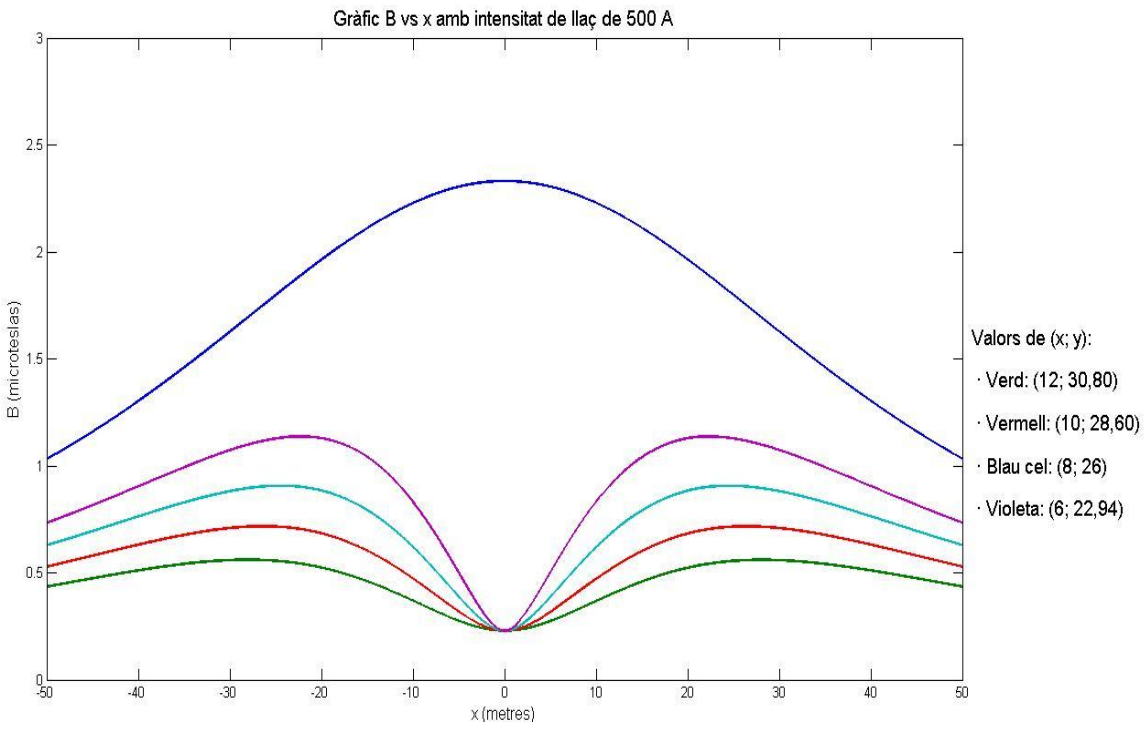
A.1.1.3 Evolució del gràfic B vs. x (II)

A continuació es pot observar com fixant la intensitat hi ha diferents valors de (x; y) pels quals B(0; 1) = 0,056 µT. En la figura A18, es pot observar la tendència que com més altes són les coordenades x i y més es pot compensar el CM al llarg de la gràfica. Per a aquest cas concret s'ha fixat la intensitat en 400 A. Cada una de les diferents corbes, representa la solució que indica la llegenda.



A18 Gràfic B vs. x per a diferents valors de (x; y) amb I = 400 A pels quals B(0; 1) = 0,056 µT.

Si s'analitzen els diferents punts (x; y) de la taula 5.7 per a 500 A s'obté el conjunt de corbes que es pot observar en la figura A19.



A19 Gràfic B vs. x per a diferents valors de (x; y) amb I = 500 A pels quals B(0; 1) = 0,056 µT.

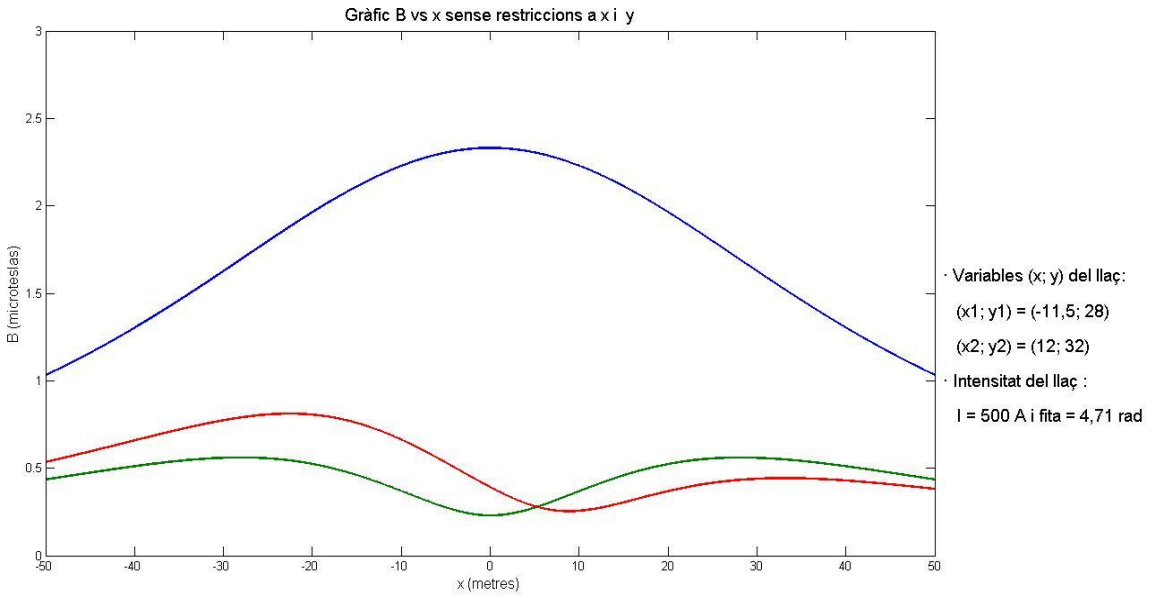
A.1.1.4 Disseny del llaç eliminant restriccions.

Eliminant les restriccions que es comenten a la Memòria, no s'obté una solució amb més bon resultat que el que s'ha obtingut en la figura 5.12.

En la gràfica A20, es pot observar en vermell el valor d'aquesta solució en front de la obtinguda en l'esmentat estudi.

A la llegenda s'hi poden trobar els valors de les variables que descriuen aquest nou llaç. La gràfica, no és simètrica respecte x = 0 ja que les variables (x; y) que descriuen el braç tampoc ho són. El fet que els dos conductors estiguin a una altura del terra i una distància de la torre diferents explica aquest fet.

Aquesta asimetria en els valors de (x; y) té el seu origen en què els punts escollits per la F.O. es localitzen tots en la part positiva de l'eix d'ordenades. Per això, aquesta part de la gràfica es compensa millor que la part negativa. Si els punts escollits són negatius, es compensa millor la part negativa.



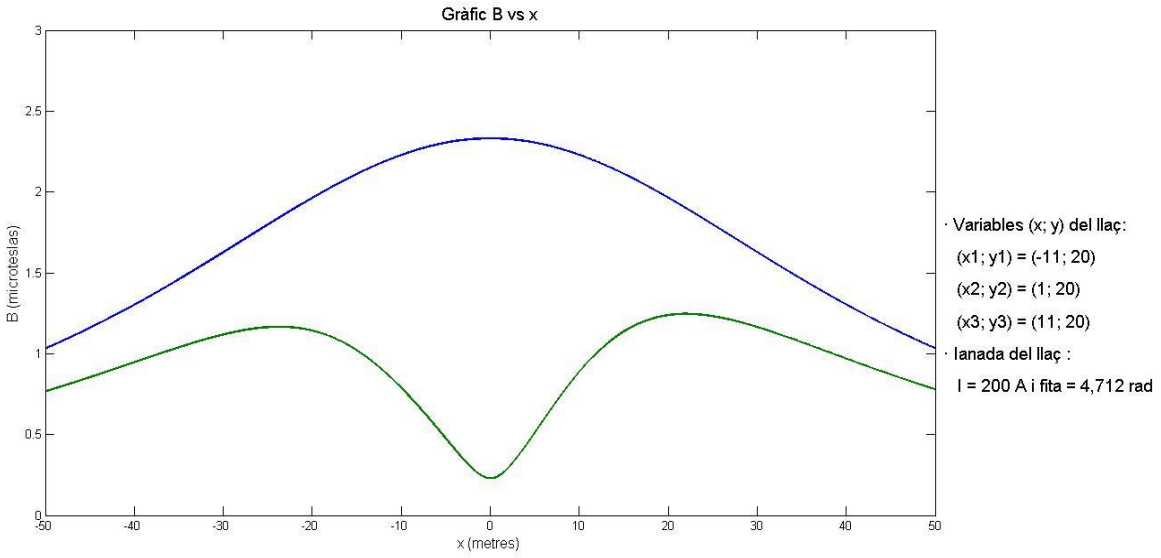
A20 Gràfic comparatiu dels dos llaços comentats en l'apartat A.1.4.

A.1.2 Llaç simple amb conductor comú

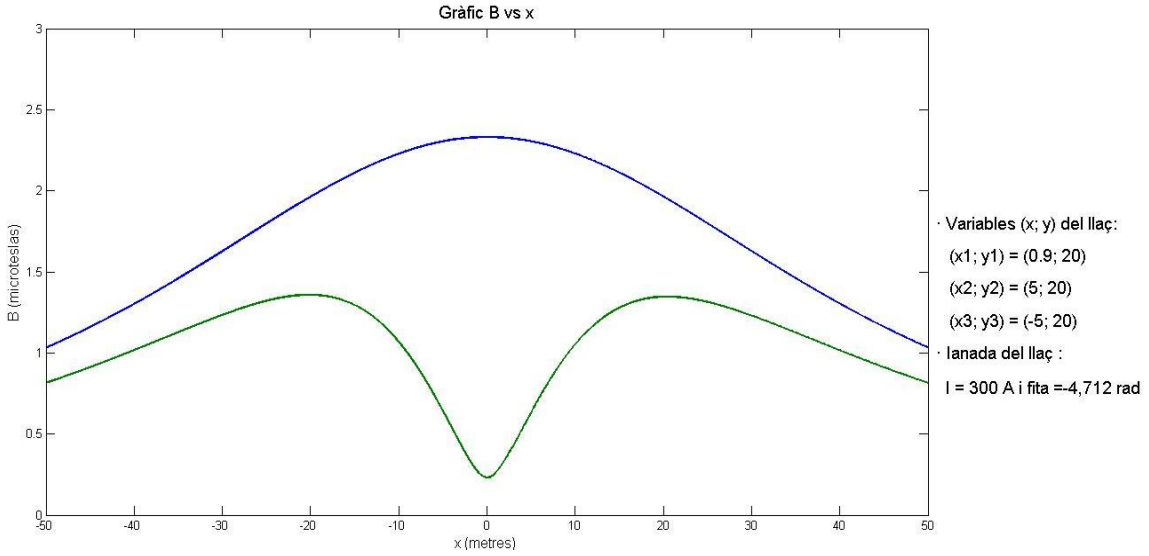
En les següents figures, es poden observar alguns exemples de les solucions que donen com a valor mínim de *B* 0,056 µT en el punt (0;1).

Com es pot veure, el fet que la posició dels conductors no sigui simètrica respecte x=0, genera gràfics no simètrics.

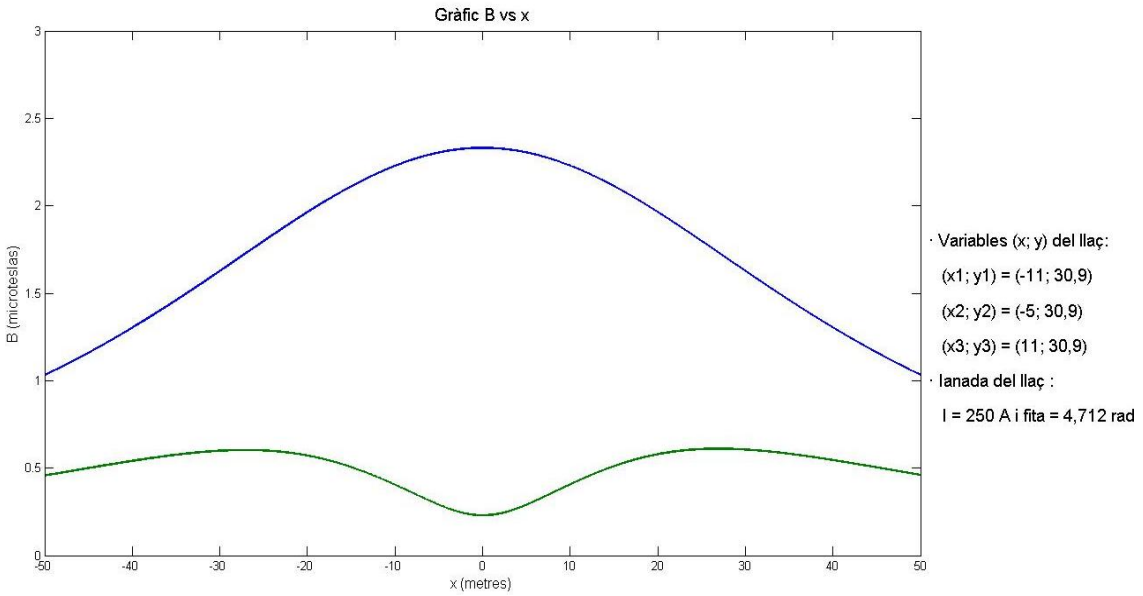
Per a cada gràfic, s'han afegit a la llegenda el valor de les característiques de les variables del llaç que la generen.



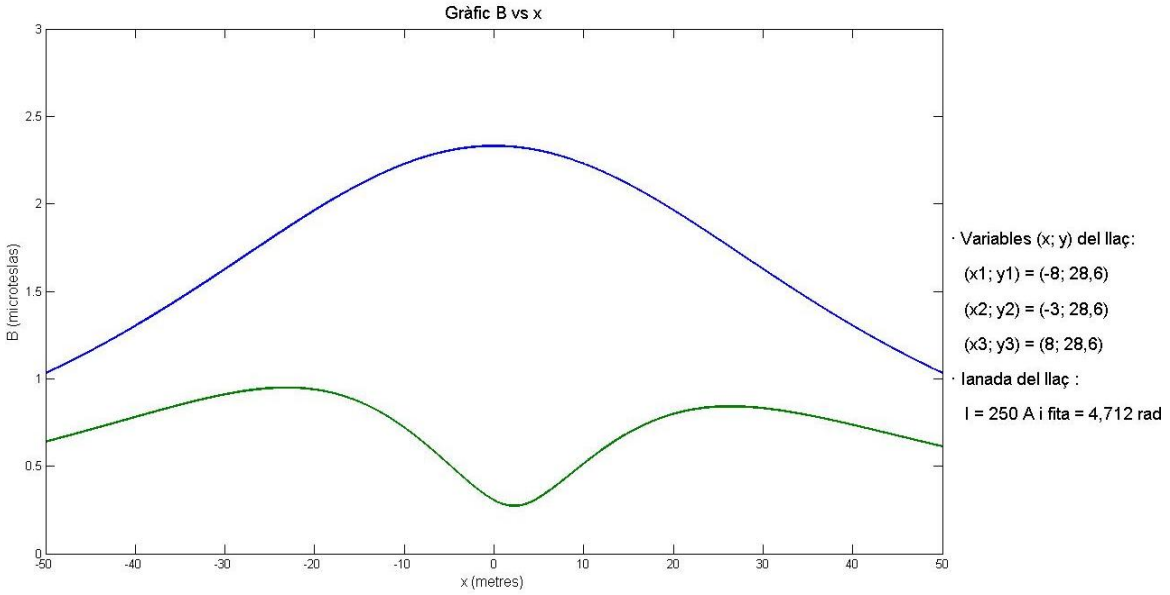
A21 Gràfic B vs. x que s'obté amb la configuració que es descriu a la llegenda.



A22 Gràfic B vs. x que s'obté amb la configuració que es descriu a la llegenda.



A23 Gràfic B vs. x que s'obté amb la configuració que es descriu a la llegenda.

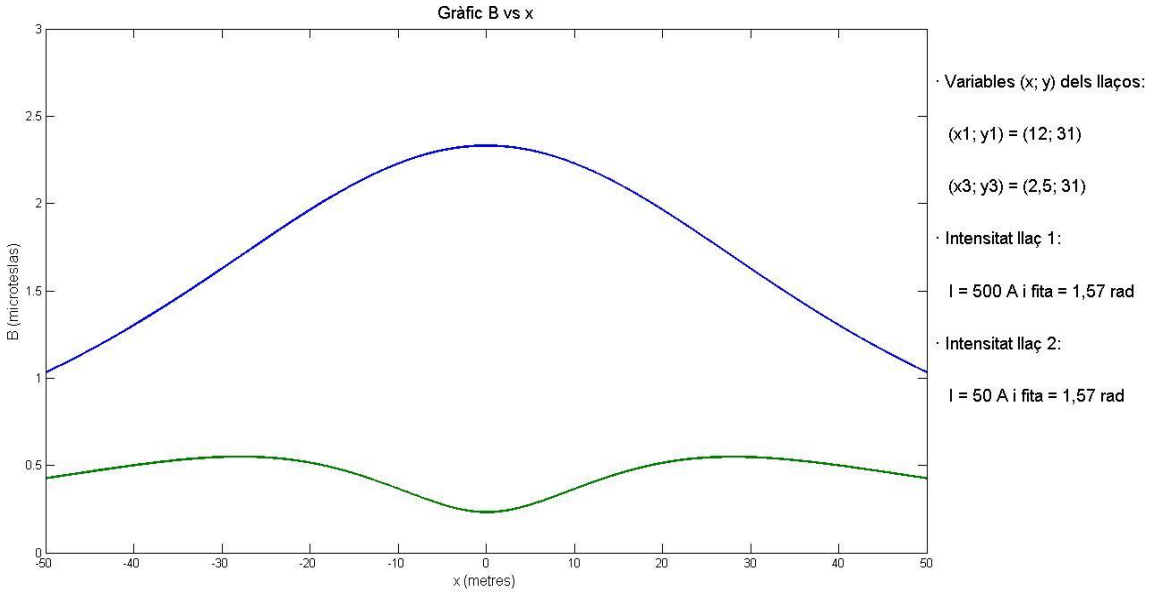


A24 Gràfic B vs. x que s'obté amb la configuració que es descriu a la llegenda.

A.1.3 Llaç doble

Seguidament es pot veure el gràfic obtinguda amb el llaç doble. Com s'observa, degut a les restriccions imposades sobre les coordenades (x; y) del llaç, la gràfica B vs. x és simètrica respecte x = 0. Cal recordar que aquestes restriccions fan que els dos llaços estiguin a la mateixa altura i que a més siguin simètrics respecte l'eix de les abscisses dos a dos.

A la llegenda de la imatge s'hi poden trobar les característiques de les variables que descriuen el llaç. Com que els dos braços de cada llaç són iguals però de signe contrari, tan sols se'n descriu un.

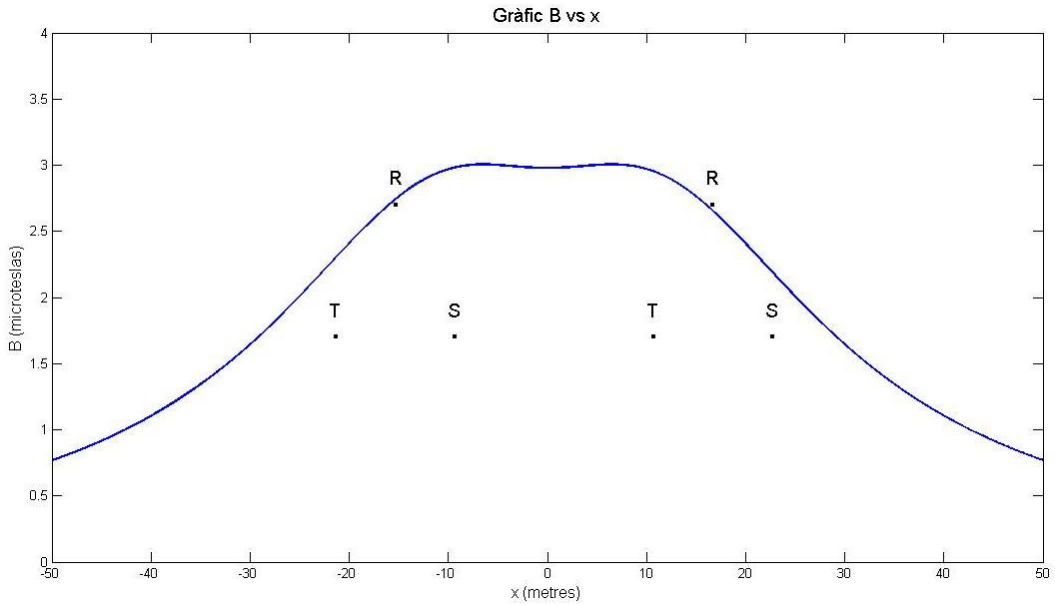


A25 Gràfic B vs. x que s'obté amb la configuració que es descriu a la llegenda.

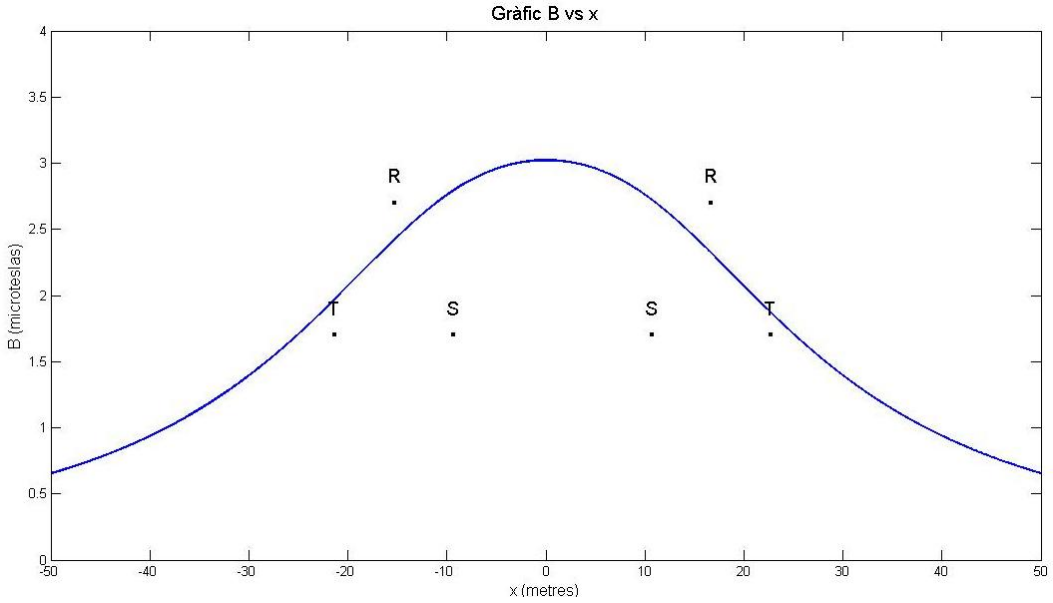
A.2. Línies d'estudi: Cas 2

A.2.1. Posició relativa de les fases

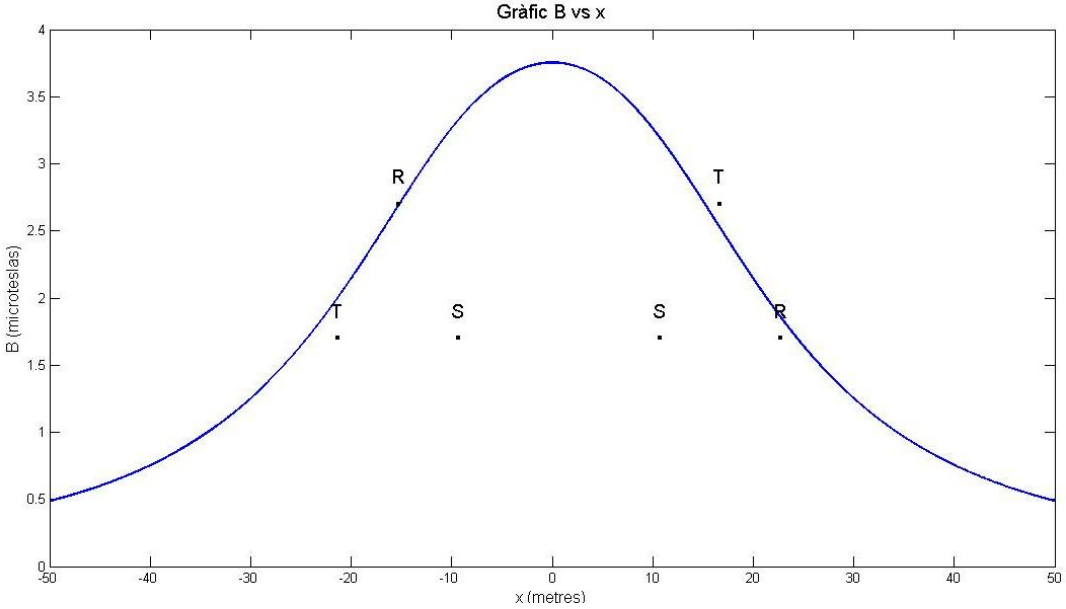
A continuació es poden observar les sis gràfiques generades per les diferents relacions de fases. A més, en cadascun d'aquests gràfics s'hi pot trobar la disposició de les fases.



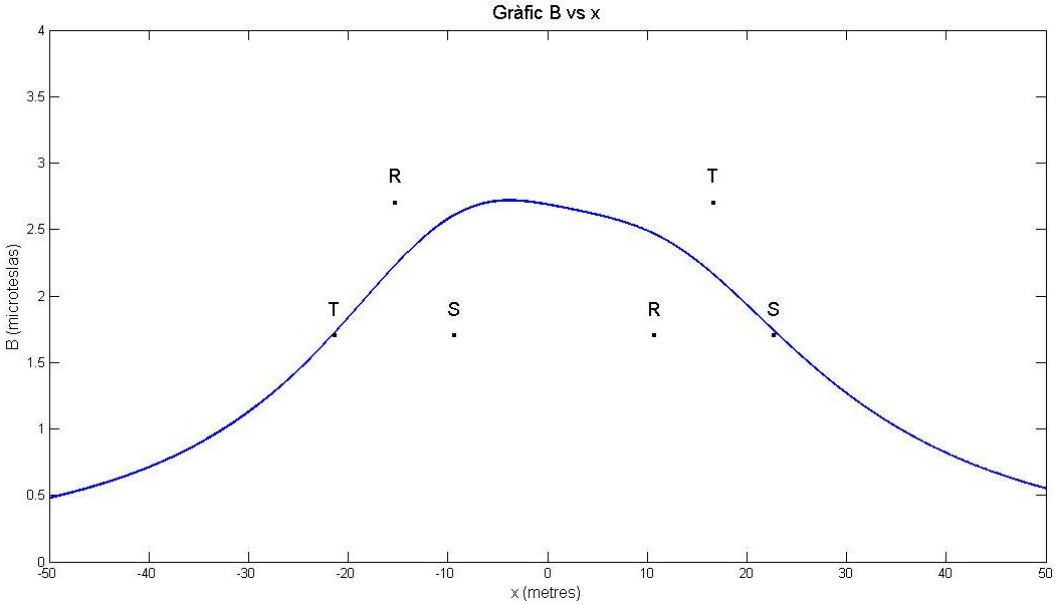
A26 Gràfic B vs. x generat per la configuració descrita en la (Config. inicial).



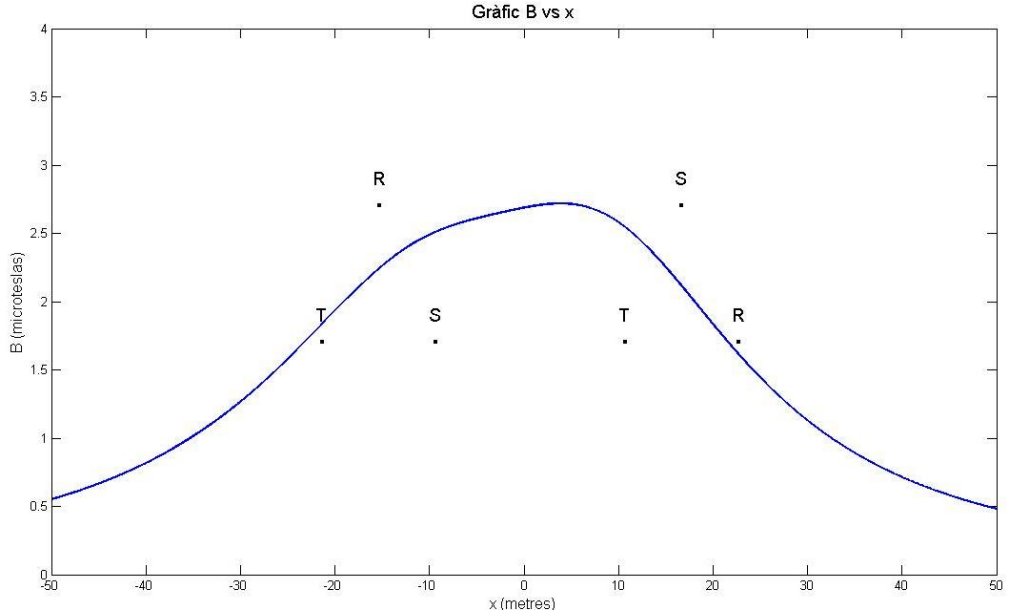
A27 Gràfic B vs. x generat per la configuració descrita en la.



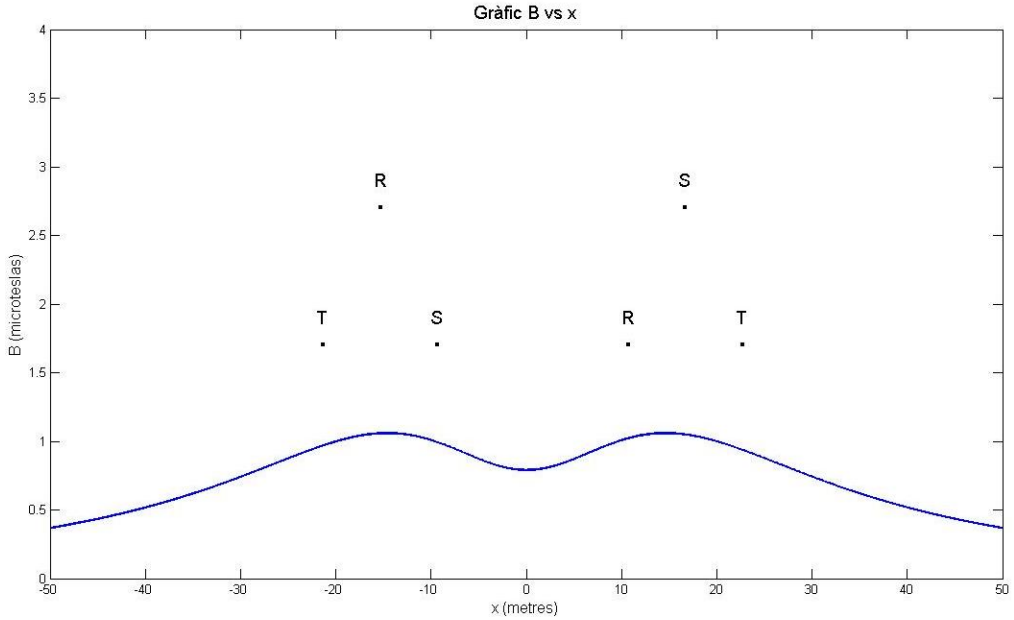
A28 Gràfic B vs. x generat per la configuració descrita en la.



A29 Gràfic B vs. x generat per la configuració descrita en la.



A30 Gràfic B vs. x generat per la configuració descrita en la.



A31 Gràfic B vs. x generat per la configuració descrita en la.

A.2.2 Disseny del llaç

A.2.2.1 Demostració de per què (0; 1) no és un bon punt d'estudi.

Algunes de les restriccions imposades sobre les coordenades (x; y) que descriuen el llaç fan que per aquesta LAT en concret, utilitzar el punt (0; 1) com a punt d'estudi no sigui la millor opció.

Aquestes restriccions són les que imposen que les y dels diferents braços del llaç han de ser iguals i les que fan que les coordenades x siguin iguals però de signe contrari. Per explicar-ho millor,s'utilitzarà el cas del llaç simple.

La problemàtica sorgeix quan es calculen les components *Bx* i *By* de cada conductor. El fet que els dos braços estiguin a la mateixa altura i a la mateixa distància de la torre, fa que tinguin el mateix valor de *By* i igual *Bx* però de signe contrari. Per tant, en fer el sumatori del conjunt de conductors, les dues components *By* tenen el mateix signe però les dues *Bx* s'anul·len entre elles.

Així, fent aquest estudi es pot aconseguir una bona compensació amb LATs amb forts components *By* en el punt (0; 1), com la del primer cas, però no amb altres on la component predominant és Bx, com en aquest segon cas.

Cal comentar que aquesta problemàtica és cada cop menys important en punts més allunyats de l'eix x = 0, però, per altra banda, aquest altres punts no posseeixen les bones característiques comentades anteriorment del punt (0; 1).

A.2.2.2 Llaç simple i llaç simple amb conductor comú

A continuació es poden observar els resultats obtinguts amb les simulacions fetes amb els dos tipus de llaç mencionats a la memòria.

Es poden trobar la taula amb les fites imposades a cada variable i el millor resultat obtingut en cada cas amb les simulacions.

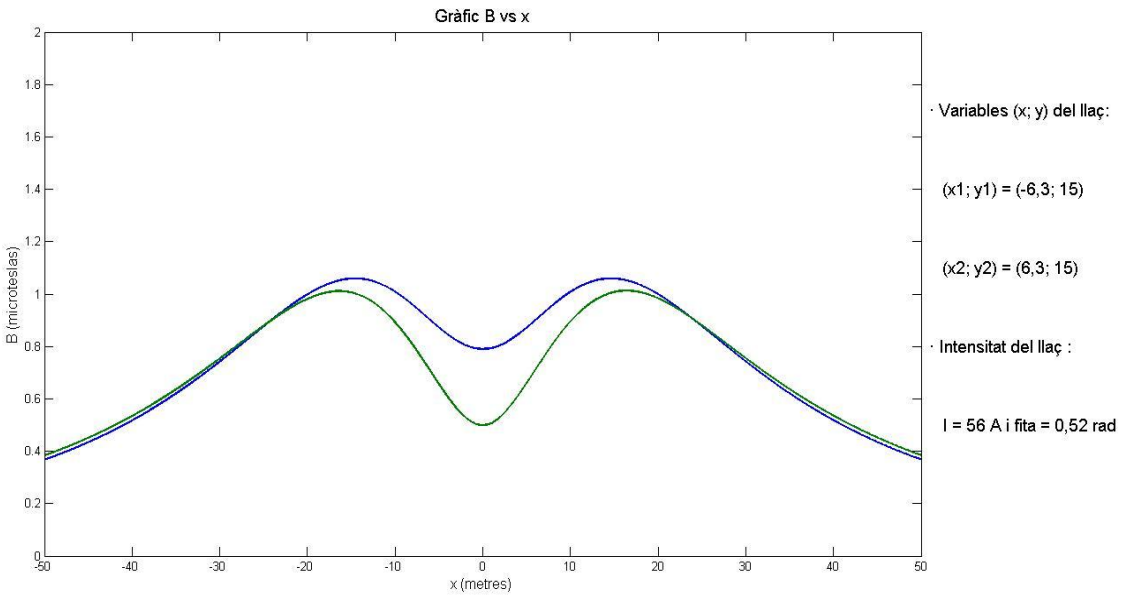
Llaç simple:

Taula amb les fites de cada variable.

Restriccions del llaç		
	Mín.	**Màx.**
x anada (m)	-12	12
y anada (m)	15	35
x tornada (m)	-12	12
y tornada (m)	15	35
I (A)	0	500
angle (rad)	0	6,283185307
Dist. entre conductors (m)	5	

A32 Taula amb les restriccions pel llaç simple.

A continuació es pot observar el gràfic B vs. x generat per la millor solució trobada amb aquest tipus de llaç. A la llegenda, s'hi localitzen les característiques de les diferents variables.

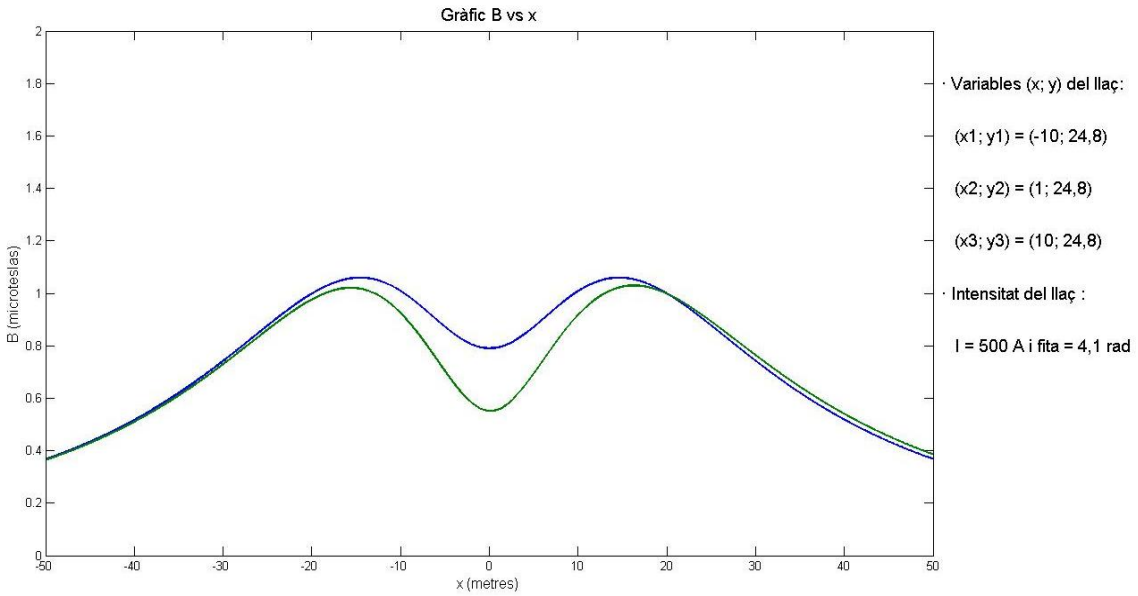


A33 Gràfic B vs. x generat pel llaç de la llegenda.

Com es pot veure, no s'aconsegueix una gran mitigació, tan sols, d'un 12% de mitjana. A més, tot i que molt lleugerament, a partir de distàncies superiors als 30 metres, el CM resultant és major.

Llaç simple amb conductor comú:

Les restriccions imposades per aquest segon disseny són les mateixes que pel llaç simple. A continuació es pot observar en la gràfica A34 la solució més òptima trobada després de fer vàries simulacions.



A34 Gràfic B vs. x generat pel llaç de la llegenda.

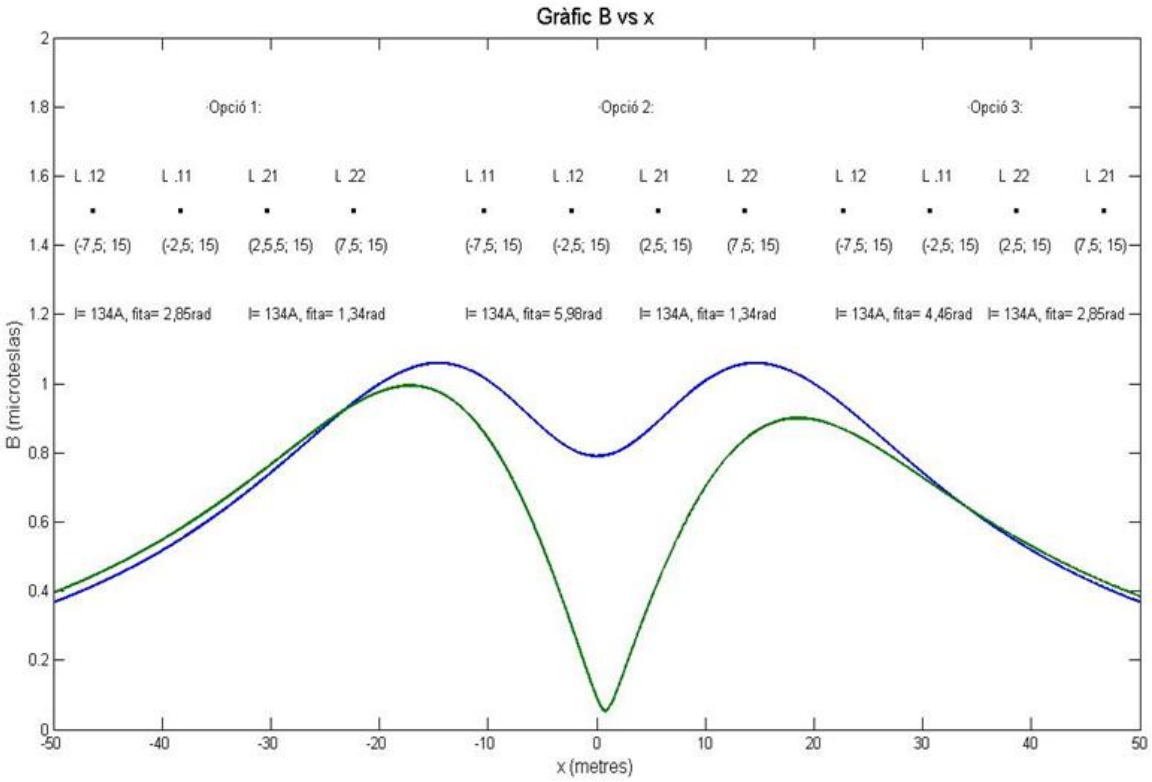
De nou, veient aquesta gràfica s'observa que la solució obtinguda no és massa bona. El CM tan sols es compensa un 8% de mitjana.

A.2.2.3 Llaç doble

El conjunt de simulacions provades respectant les restriccions comentades a la memòria es poden separar en tres grups segons les posicions dels braços de cada llaç.

El primer, és aquell en que els dos braços d'un mateix llaç estan col·locats a un mateix costat de la torre. Existeixen quatre opcions diferents, en funció de la posició relativa entre els braços anada i tornada, tot i que amb totes s'aconsegueix la mateixa compensació; 25%.

En l'A35 es pot observar el gràfic generat per aquestes solucions. També s'hi poden observar les posicions i intensitats de tres d'aquests resultats (el quart és a la Memòria, fig.5.21), sent L11 el braç d'anada del primer llaç, L12 el braç de tornada del mateix llaç, L21 el braç d'anada del segon llaç i L22 el de tornada d'aquest llaç.

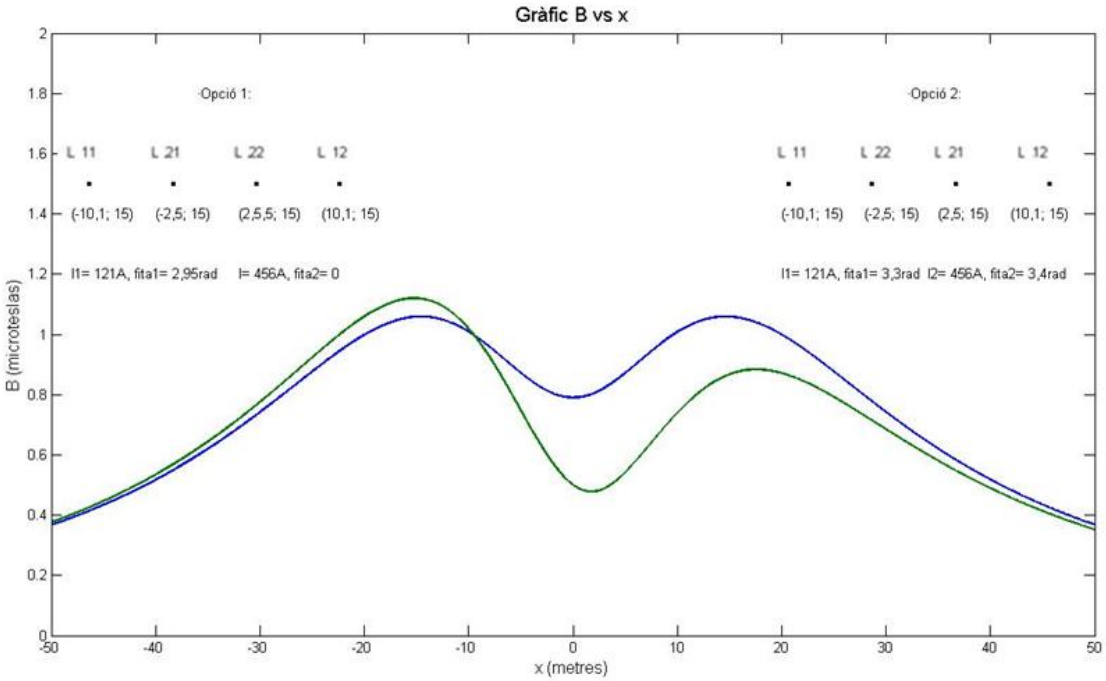


A35 Gràfic B vs. x generat per les configuracions descrites en la part superior de la imatge.

Com es pot veure, tot i que els conductors no sempre estan al mateix lloc, les quatre posicions sí que són fixes. A més, les intensitats dels dos llaços també són en tots els casos iguals. L'únic que canvia d'un cas a un altre, és l'angle de la intensitat, d'aquesta manera s'aconsegueix tenir sempre una mateixa posició relativa amb el conjunt de conductors de la línia. Això explica perquè amb les quatre solucions la compensació aconseguida és la mateixa.

El segon grup de solucions són aquelles en que cadascun dels llaços té un braç a cada costat de la torre i un dels llaços és interior a l'altre. Hi ha dos casos diferents; un en el que els dos conductors d'anada estan al mateix costat i l'altre en que no.

De nou, amb les dues opcions s'aconsegueix la mateixa compensació; 10%. També les dues solucions tenen les mateixes posicions per als conductors, encara que es moguin d'una a l'altra; la mateixa Intensitat i angles diferents.

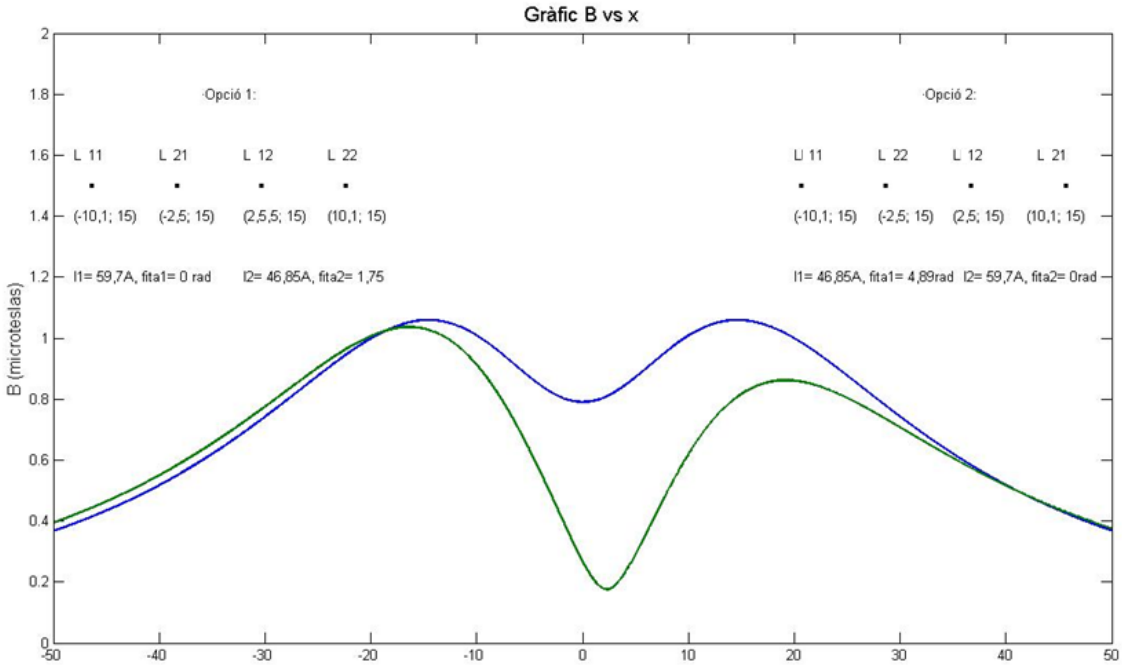


A36 Gràfic B vs. x generat pels llaços descrits a la part superior de la imatge.

Com es veu, la gràfica que s'obté no és simètrica i la compensació augmenta el camp en alguns punts.

Finalment, el tercer grup de solucions és aquell en què hi ha una braç de cada llaç a cada costat de la torre i no n'hi ha un interior a l'altre, per tant, es creuen.

Amb aquestes opcions, igual que amb els casos anteriors, les posicions (x; y) i la intensitat es tornen a repetir d'una a l'altra. S'aconsegueix una compensació del 15%.



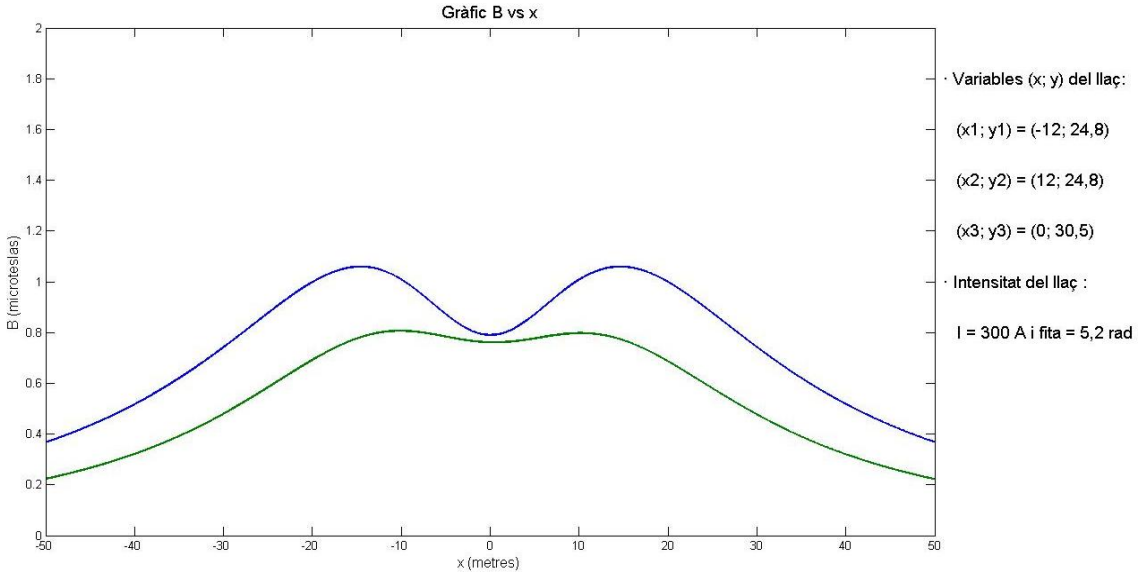
A37 Gràfic B vs. x generat pel llaç representat en la.

Observant tot el conjunt de solucions obtingudes amb aquest tipus de llaç, desperta la curiositat el fet que tots els llaços estiguin situats a una altura de 15 metres. Intentant forçar les simulacions fent que l'altura sigui superior, en cap cas s'aconsegueix una compensació millor. Així, es dedueix que degut a les restriccions imposades sobre les variables x i y dels llaços, la complexitat de la línia i proximitat de les seves fases, el millor lloc per col·locar un llaç és sota la LAT.

A.2.3 Disseny d'un llaç sense obligar a que tots els braços estiguin a la mateixa altura

Per realitzar aquest disseny s'ha seguit el mateix procés que amb les altres simulacions que s'han fet fins ara. L'única diferència ha estat que s'han suprimit les restriccions que feien que totes les altures dels diferents conductors d'un mateix llaç fossin iguals. Però, un cop eliminades aquestes restriccions i després de fer vàries simulacions sorgeix una problemàtica. El fet de treballar amb funcions tant complexes i amb tants mínims locals, fa que eliminant les restriccions les possibilitats siguin infinites.

Per al llaç simple, amb la millor solució trobada tan sols es compensa un 15 %. Amb el llaç amb conductor comú, el fet de no imposar les restriccions sobre y fa que es trobi una solució que compensa fins a un 25% el CM mig. Curiosament, els dos conductors d'anada estan a la mateixa altura però a costats oposats de la torre, i el de retorn es troba a diferent altura però a x= 0. Per tant, amb la construcció de dos nous braços seria suficient. Es pot observar a la imatge A38.



A38 Gràfic B vs. x obtingut del llaç descrit a la llegenda.

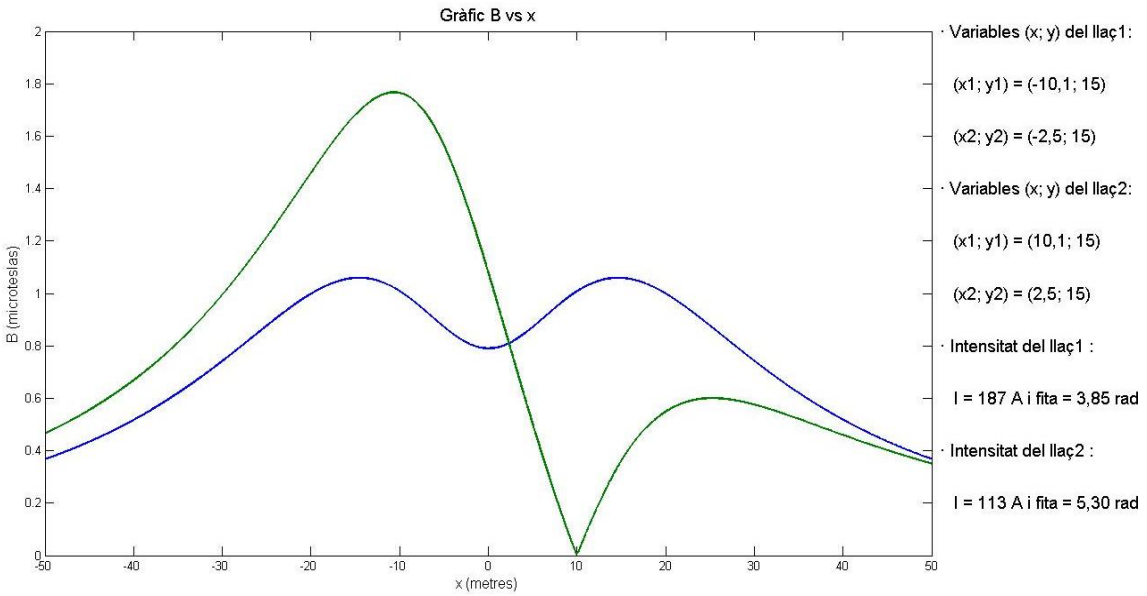
Com s'observa, tot i que el màxim gairebé no s'ha reduit, amb aquest llaç s'aconsegueix una compensació molt més homogènia que amb la solució de la fig.5.21. Comparant-les, la solució d'A38 requereix una intensitat gaierbé el doble que l'altre, però en canvi, tan sols necessita una font d'alimentació. Així, en funció del cost i la capacitat de les fonts i de a quines zones es volgués aconseguir una compensació superior, s'escolliria un solució o l'altre.

Pel que fa al llaç doble, encara que s'han intentat explorar el màxim de combinacions possibles, no se n'ha trobat cap que millori significativament el 25 % de compensació. Però, tot i que és bastant complicat, podria ser que alguna possibilitat que no s'ha contemplat millorés aquest percentatge. La gran problemàtica que representa limitar tan poc les incògnites, treballar amb funcions que depenen de tantes variables i amb tants conductors fa que resulti gairebé impossible analitzar tots els casos.

A.2.4 Disseny d'un llaç que permeti compensar un dels dos costats de la LAT

Per a fer les simulacions necessàries per dissenyar aquest llaç, l'únic canvi que s'ha fet respecte el conjunt de decisions preses inicialment ha estat sobre la funció objectiu. Mantenint totes les restriccions iguals, simplement s'ha decidit canviar els punts d'estudi. Per a aquest cas, com que només es vol compensar un dels dos costats de la línia s'han escollit els punts: són (10; 1), (20; 1), (30; 1), (40; 1) i (50;1).

En tots els casos s'aconsegueix millorar la compensació. Pel llaç simple, es compensa l'àrea comentada un 20% respecte el CM generat per la línia i amb el llaç amb C.C. s'arriba al 30%. Amb el llaç doble s'arriba gairebé compensar un 50 % el camp de la línia amb el canvi de posicions de les fases, o el que és el mateix, un 85 % respecte el camp generat per la LAT inicial. Com es pot veure a A39, el fet de compensar només un dels dos costats de la línia acostuma a provocar un augment del CM a l'altre.

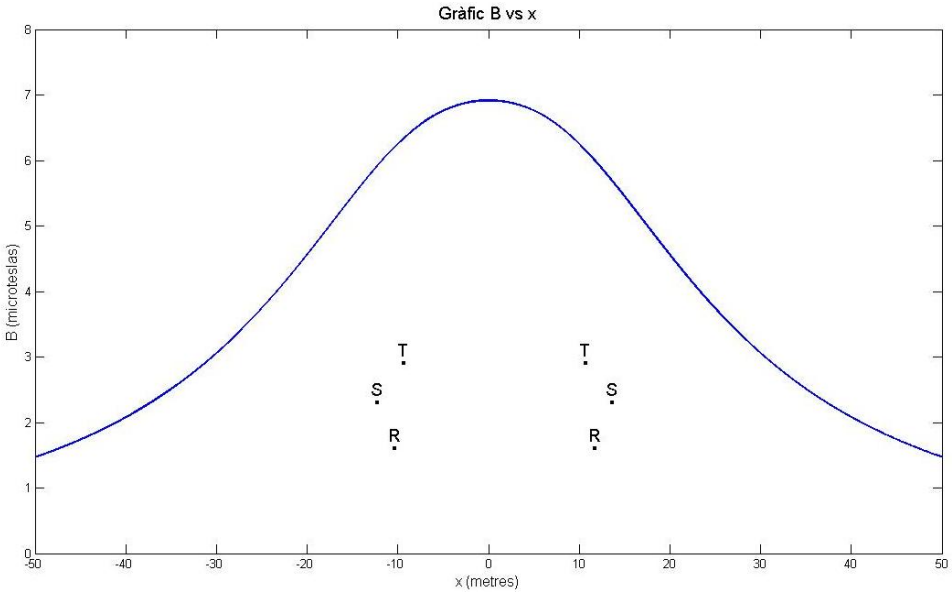


A39 Gràfic B vs. x generat pel llaç de la llegenda.

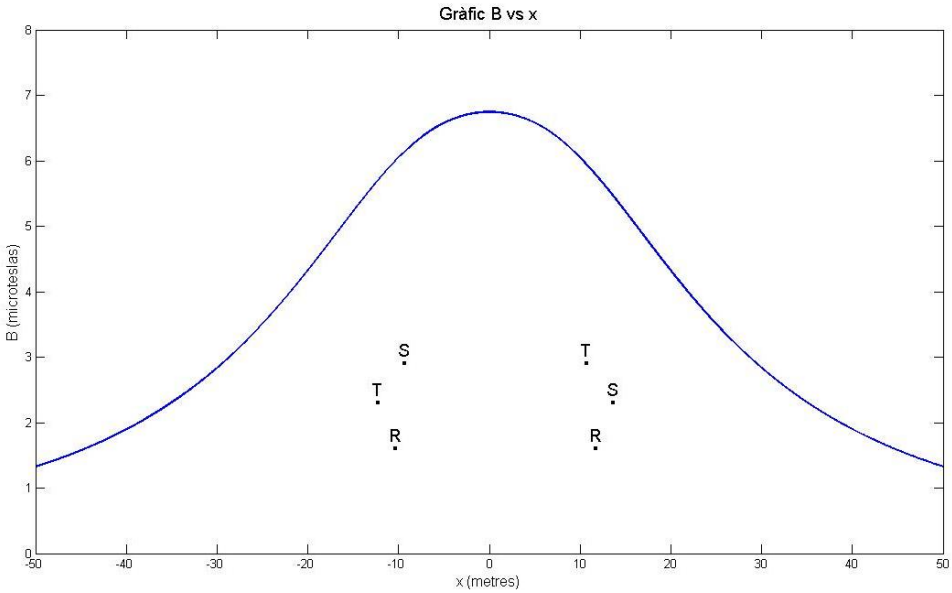
A.3 Línies d'estudi: Cas 3

A.3.1 Posició relativa de les fases

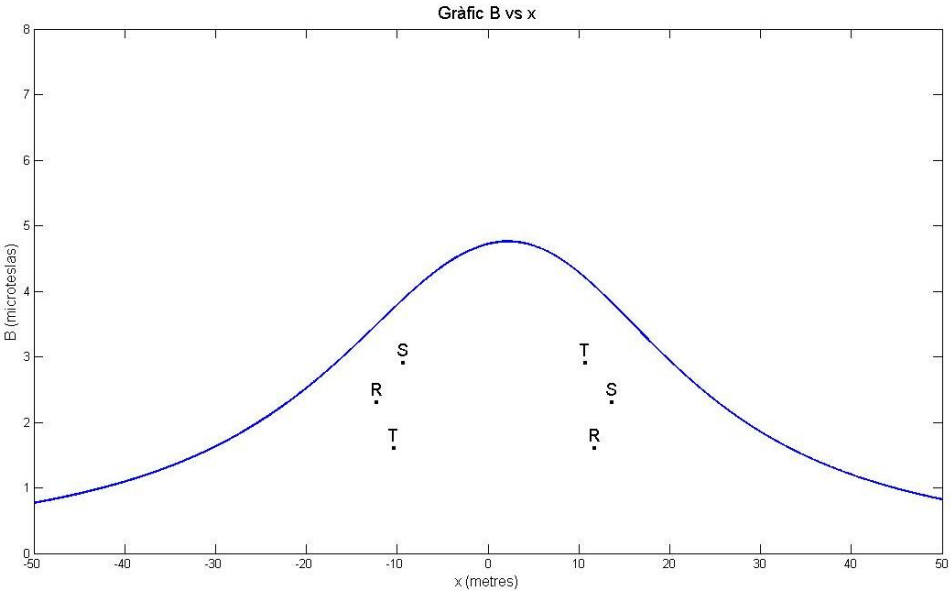
A continuació, s'observen les gràfiques B vs. x de les diferents posicions relatives de les fases.



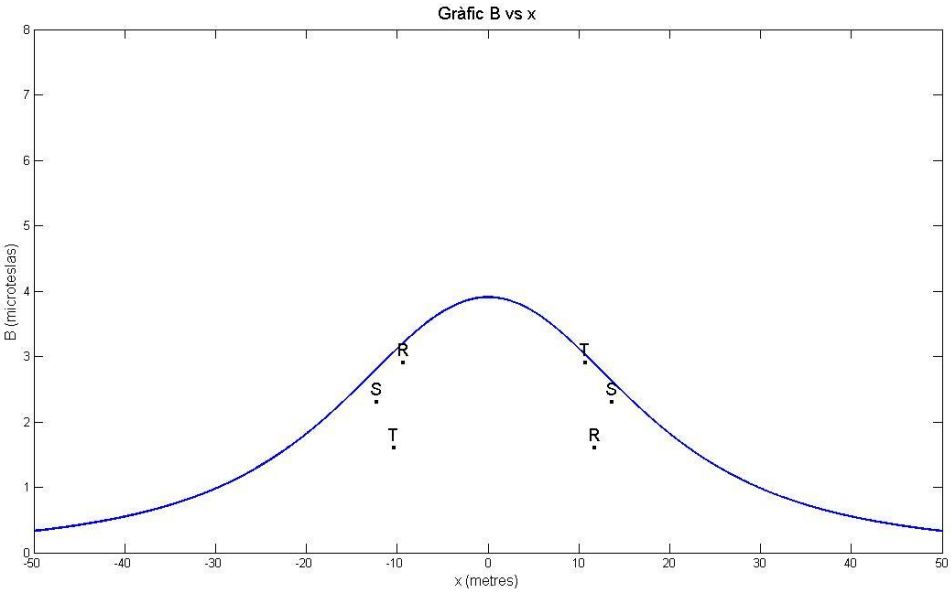
A40 Gràfic B vs. x generat per la disposició de fases de la imatge.



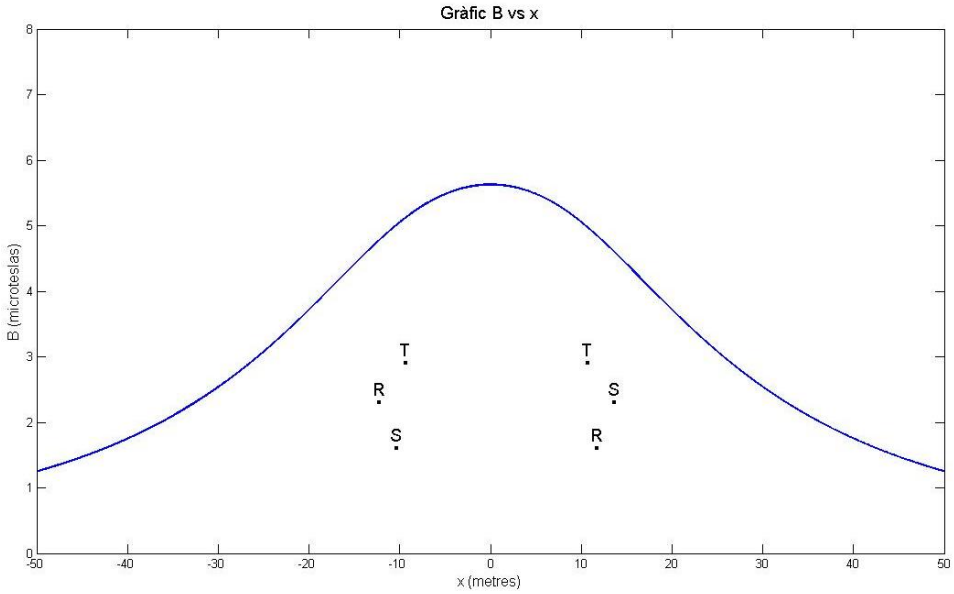
A41 Gràfic B vs. x generat per la disposició de fases de la imatge



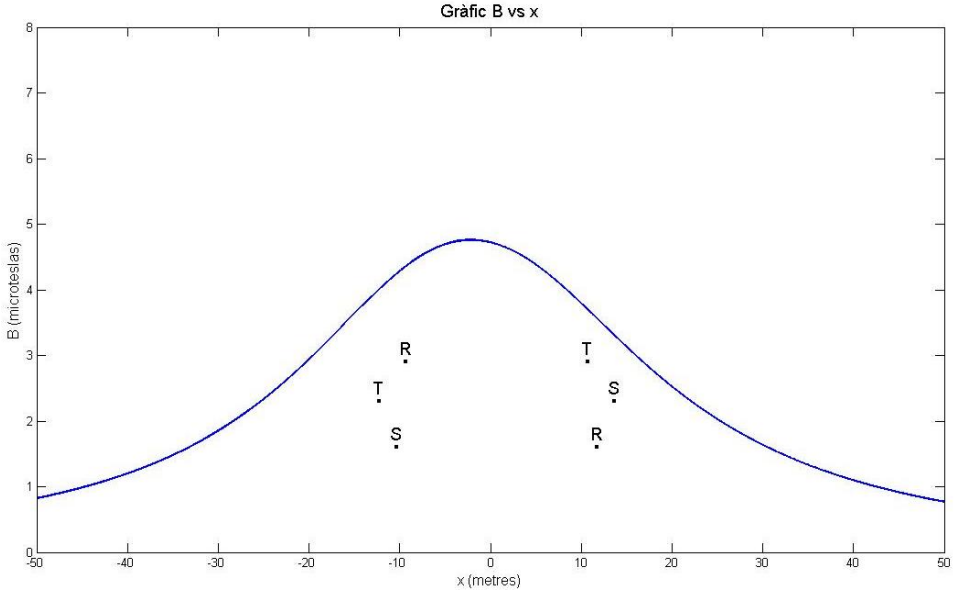
A42 Gràfic B vs. x generat per la disposició de fases de la imatge.



A43 Gràfic B vs. x generat per la disposició de fases de la imatge.



A44 Gràfic B vs. x generat per la disposició de fases de la imatge.

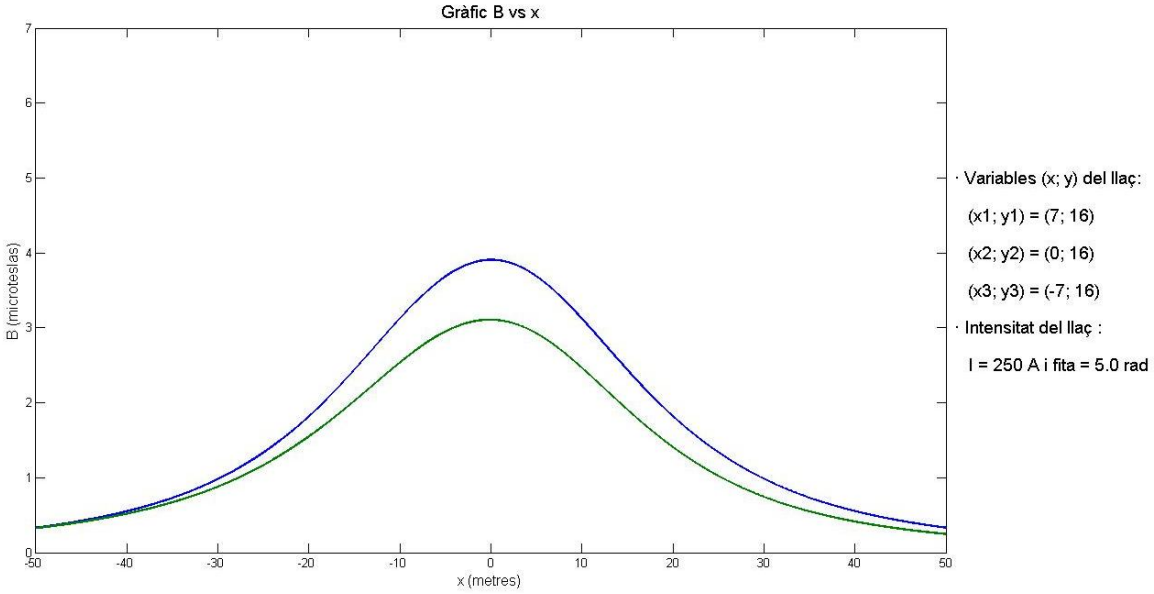


A45 Gràfic B vs. x generat per la disposició de fases de la imatge.

A.3.2 Llaç simple amb conductor comú i llaç doble

Pel que fa al llaç amb conductor comú, s'han trobat diverses solucions en funció de quins eren els valors inicials de les variables. De totes aquestes, la millor tan sols aconsegueix reduir el valor mig del camp un 20%, en front del 63% de l'aconseguit amb el llaç simple.

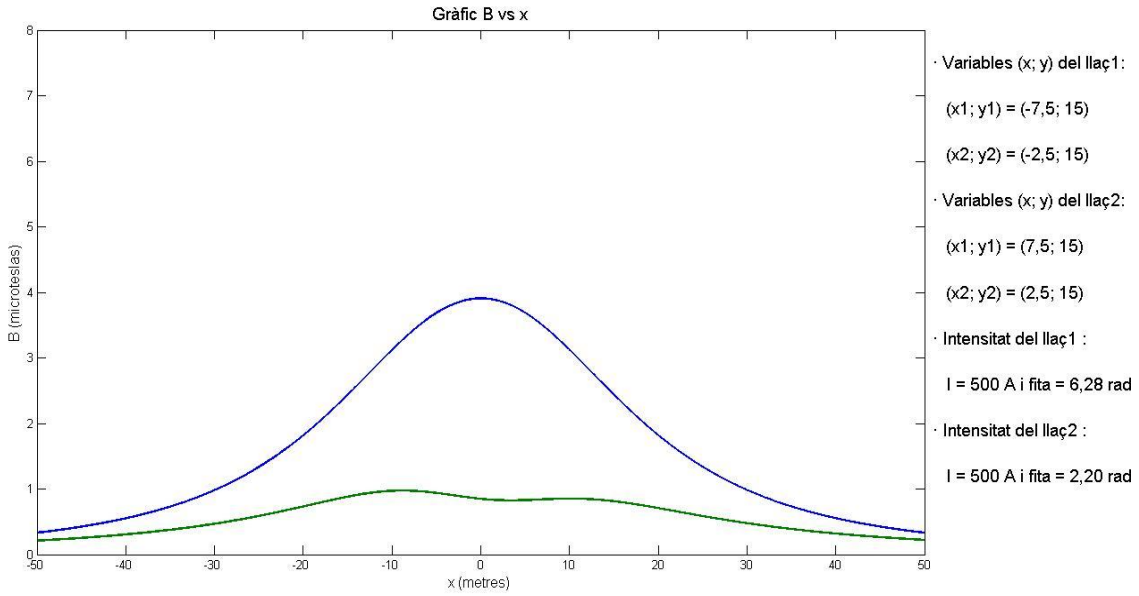
Aquesta solució es pot observar en la figura A46. A la llegenda d'aquesta imatge s'hi poden llegir el valor de les diferents variables que configuren el llaç.



A46 Gràfic generat pel llaç descrit a la llegenda.

Pel que fa al llaç doble, s'han trobat de nou vàries solucions en funció de quins fossin els valors inicials de les variables. La millor solució d'aquestes, compensa el camp de la nova disposició de fases fins a un 65 %. Per tant, millora la solució obtinguda amb el llaç simple. Es pot observar a l'A47.

Tot i això, es descarta aquesta solució en front de la del llaç simple ja que, com passava amb la primera LAT analitzada, aquesta millor compensació no és significativa en front de l'impacte visual i econòmic que comporta haver de treballar amb el doble de conductors. A més, la intensitat requerida és gairebé el doble i es necessiten dues fonts d'alimentació.



A47 Gràfic B vs. x generat pel llaç de la llegenda.