

TREBALL PRÀCTIC TUTORAT

**AIXECAMENT TOPOGRÀFIC EN TRES  
DIMENSIONS DE L'ARBORÈTUM DR. PIUS  
FONT I QUER DE LLEIDA**

**Alumne: Marc Badosa i Riera**

**Tutor: Alexandre Escolà i Agustí**





### **Agraïments:**

Primerament, agrair a en Manel Ribes el fet de confiar en nosaltres, posant-nos a l'abast tot el material necessari per poder realitzar tota la presa de dades, així com l'ajuda que ens ha donat alhora d'importar i dibuixar aquestes en MDT. En segon lloc donar les més sinceres gràcies a l'Alexandre Escolà, per la paciència que ha tingut alhora d'ensenyar-me a manejar el programa Sketchup, sense el seu ajut aquesta part del treball no l'hauria pogut realitzar.

Esmentar també l'ajuda dels companys Victor Montilla, Xavier Garcia i Camino del Amo, per totes les hores passades en el mateix jardí, en la presa de dades i posterior processament.

Per acabar, donar gràcies també a la meva família pel suport que m'han donat al llarg dels meus estudis, i a la meva parella pel recolzament i ànims que m'ha donat en tostemps aconseguint així realitzar amb total satisfacció el següent treball.



## ÍNDEX

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓ.....  | 6  |
| 2. OBJECTIUS.....  | 7  |
| 3. LOCALITZACIÓ.....   | 8  |
| 4. METODOLOGIA DE TREBALL.....   | 9  |
| 4.1. PROCÉS D'OBTENCIÓ DE DADES A CAMP.....  | 9  |
| 4.1.1. CONSTRUCCIÓ DE LA POLIGONAL.....  | 9  |
| 4.1.1.1. Tipus de poligonals i elecció de l'adequada.....                                    | 10 |
| 4.1.2. DISSENY I SENYALITZACIÓ.....  | 11 |
| 4.1.3. MESURA D'ANGLES I DISTÀNCIES.....   | 13 |
| 4.1.4. ESTACIONAMENT DE L'APARELL TOPOGRÀFIC.....  | 14 |
| 4.1.5. GEOREFERENCIACIÓ.....   | 16 |
| 4.1.5.1. Georeferenciació dels punts 1035 i 1036.....  | 16 |
| 4.1.6. DADES DE CAMP DELS VÈRTEX DE LA POLIGONAL.....  | 18 |
| 4.1.6.1. Càlcul de les coordenades UTM i compensació.....                                    | 20 |
| 4.1.6.1.1. Compensació de la poligonal (Mètode de Bowditch).....                             | 20 |
| 4.1.6.1.2. Càlcul dels errors en la Poligonal.....   | 21 |
| 4.1.7. OUTSIDES.....   | 23 |
| 4.1.7.1 Càlcul de les coordenades UTM dels outsiders.....                                    | 23 |
| 4.1.7.2. Representació gràfica de la poligonal juntament amb els outsiders....               | 25 |
| 4.2. ESTUDI DETALL DEL TERRENY.....  | 25 |
| 4.2.1. INTRODUCCIÓ.....  | 25 |
| 4.2.2 AIXECAMENT TOPOGRÀFIC DELS PUNTS.....  | 26 |
| 4.2.2.1. Orientació i posicionament en un punt de coordenades conegudes..                    | 26 |
| 4.2.2.2. Orientació i posicionament de l'aparell en un punt de coordenades no conegudes..... | 26 |
| 4.3 TRACTAMENT DE LES DADES.....   | 28 |
| 4.3.1. INSERCIÓ I TRACTAMENT DE PUNTS SOBRE EL PLÀNOL.....                                   | 30 |
| 4.3.1.1. Treball amb AutoCAD + MDT.....  | 30 |
| 4.3.1.2. Treball amb Google Sketchup.....  | 34 |
| 1. Importació de la superfície i capes.....  | 34 |
| 2. Construcció dels models digitals de l'arbrat.....   | 39 |
| 3. Modelat dels edificis en tres dimensions.....   | 44 |
| 4. Dibuix dels cartells en tres dimensions.....  | 48 |
| - Cartells petits.....   | 48 |



|  |     |
|--|-----|
| - Cartells grans.....  | 48  |
| 5. Modelat de les diferents superfícies del terreny i importació de les imatges..... | 50  |
| 6. Dibuix de la tanca perimetral.....  | 51  |
| 5. CONCLUSIONS.....  | 53  |
| 6. BIBLIOGRAFIA.....   | 54  |
| 7. ANNEXES.....  | 56  |
| ANNEX 1. Característiques dels aparells i programes utilitzats.....                  | 57  |
| ANNEX 2. Llibretes de camp.....  | 63  |
| ANNEX 3. Excel amb tots els punts topogràfiats.....                                  | 70  |
| ANNEX 4. Plànols en Autocad.....   | 99  |
| Poligonal i outsides   |     |
| Plànol general de l'Arborètum  |     |
| Arbres i situació  |     |
| Corbes de nivell   |     |
| ANNEX 4. Plànols en Sketchup.....  | 104 |
| Vista 1  |     |
| Vista 2  |     |



## **1. INTRODUCCIÓ**

La ciutat de Lleida, ha disposat al llarg del temps de diversos jardins i parcs botànics. Les basses d'Alpicat, en podrien ser un exemple, ja que es tractava d'un petit jardí botànic on els visitants podien veure una nombrosa variabilitat d'espècies arbòries i arbustives. Un altre exemple també podria ser el petit bosc de la Mitjana, on entre les espècies de la zona, es poden trobar en diversos punts panells informatius on s'indica el nom comú i científic d'aquella espècie i una mica d'informació bàsica de la mateixa. Ara doncs, amb el nou jardí botànic de Lleida, l'Arborètum, s'ha aconseguit un gran jardí botànic amb gran variabilitat d'espècies, ja que en 7ha de terreny hi podem trobar fins a 16 ambients amb diferents biodiversitats. En total hi ha uns 1.500 arbres de 225 espècies diferents i 90.000 arbustos de 300 espècies repartits en el territori. Tenint en compte la importància d'aquest jardí botànic, i relacionant-lo amb la topografia, volem aconseguir veure'l en tres dimensions.

La motivació principal que he tingut per realitzar aquest treball, és perquè crec que actualment la topografia és una eina molt important en el món forestal per poder dimensionar amb exactitud qualsevol parcel·la o terreny on es vol realitzar un estudi.

Crec que és una gran oportunitat per poder aprendre a fer un aixecament amb tres dimensions, d'un projecte que en el futur pot tenir una finalitat útil per la ciutat de Lleida, i que al mateix temps, el tractament de les dades al fer-se mitjançant el programa MDT-AutoCAD, i posteriorment crear l'aixecament amb Google Sketchup, també serà un clar exemple de maneig de programes que podria necessitar per treballar en un futur.

El projecte en qüestió, conté una gran varietat de tasques tant de camp com de ganivet com veurem posteriorment.

Per acabar, esmentar també que es tracta d'un projecte que engloba diferents disciplines estudiades a la titulació com són la topografia, la botànica i el dibuix tècnic,... aconseguint així posar en pràctica diferents valors estudiats.

Així doncs a través d'aquesta visió 3D intentarem donar un tomb virtual dins d'aquest Arborètum, intentant plasmar amb exactitud el seu relleu i recorregut, així com cada un dels seus biomes.



## **2. OBJECTIUS**

L'objectiu d'aquest treball pràctic tutorat consisteix en fer l'aixecament topogràfic de l'Arborètum de Lleida i representar-lo en tres dimensions. S'intentarà, per primera vegada dins la Universitat de Lleida, crear una representació topogràfica en tres dimensions d'una gran superfície de terreny, incloent la situació de cada espècie arbòria dins d'aquest, mitjançant el programa lliure Sketchup.

El que es vol aconseguir en aquest TPT, és valorar la viabilitat d'aquesta metodologia tant en qualitat de representació com en la precisió, intentant plasmar de forma exacte la topografia de les, aproximadament, 7ha de terreny que té el jardí botànic. Procurant veure en tres dimensions els diferents accidents topogràfics que podem trobar. Per altre banda, també s'intentarà dibuixar en el mateix mapa, tots els arbres topografiats, així com camins i mobiliari (bancs, papereres, cartells, i tapes de claveguera) i, separar-lo en els 4 biomes diferents que trobem. Dins de cada un, marcarem peu a peu els arbres que conté, i s'indicarà amb un arbre d'una espècie característica d'aquell bioma.

La forma desitjada d'indicar l'espècie, seria situant en el lloc corresponent un model (fotografia) de la mateixa.

Remarcar també que el fet de fer aquest estudi exhaustiu, de forma indirecte, també pretén la possibilitat de ser útil a nivell didàctica ja sigui per la Universitat de Lleida o pel mateix ajuntament de la ciutat.



### **3. LOCALITZACIÓ**

L'estudi topogràfic que podem veure a continuació, s'ha desenvolupat dins del nou jardí botànic de Lleida, l'Arborètum Dr. Pius Font i Quer. Situat al carrer Enric Farreny de la ciutat de Lleida.

Lleida és un municipi del Segrià, situat al centre del pla de Lleida. La ciutat en qüestió és cap de comarca del Segrià, i està distribuïda a banda i banda del riu Segre.

Ubicada a la depressió central de Catalunya, en la latitud 41,37° Nord i a la longitud 0,38° Est, i situada al nord-est de la península Ibèrica (Figura 1), (Figura 2).



**Figura 1.** (Esquerra) Mapa de Catalunya amb indicació de la situació geogràfica.  
(Dreta) Mapa de la comarca del Segrià on s'hi indica el terme municipal de Lleida.



UTM: 3022 x ; 46103 y



**Figura 2.** Mapa de la ciutat de Lleida, concretament de la zona on es troba ubicat l'Arborètum. (c/Enric Farreny).

#### **4. METODOLOGIA DE TREBALL**

La metodologia que es seguirà per elaborar el treball, és divideix en dos blocs:

##### **4.1. PROCÉS D'OBTENCIÓ DE DADES A CAMP**

###### **4.1.1. CONSTRUCCIÓ DE LA POLIGONAL**

Primerament, ja que es volia construir una poligonal dins l'Arborètum que permetés prendre les dades per fer l'aixecament, el què calia era partir d'un punt geodèsic.

La Geodèsia es serveix de mesures d'elevada precisió per a situar i relacionar punts sobre la superfície de la Terra. Aquestes dades geodèsiques calculades sobre la superfície terrestre, han de ser referides a un pla i, al no ser la Terra una superfície desenvolupable, han de patir una transformació el mes petita possible. (Valdés Doménech, F. 1985).

Els treballs geodèsics a Espanya estan acabats, existint una xarxa de punts relacionats entre si, anomenats vèrtex geodèsics, i que estan referits a un pla. Aquests punts es relacionen per una xarxa de triangulació, anomenada de *Primer ordre*, entre punts distants entres si de 40a 100 km o més; els vèrtexs d'aquesta xarxa estan enllaçats per una altre, xarxa de *Segon ordre*, la qual té els vèrtex separats per 25 km de terme mig i que, per acabar, a ambdues se'ls uneix una xarxa geodèsica de *Tercer ordre* amb costats que van de 3 a 10 km. (Valdés Doménech, F. 1985)



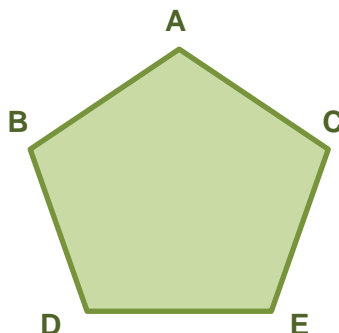
#### 4.1.1.1. Tipus de poligonals i elecció de l'adequada

Les poligonals es poden construir de dues formes diferents, que es dividiren entre poligonals obertes (enquadrades) i poligonals tancades.

- Poligonals obertes: Comencen en un punt de posició coneguda o suposada i acaben en una estació on la seva posició horitzontal relativa es desconeix. En aquest cas, no es possible calcular el tancament en posició i per tant no es pot valorar la veritable qualitat de la poligonalització. Freqüentment s'utilitzen poligonals d'aquest tipus en l'estudi preliminar d'una carretera. (McCormac, J. 2004)



- Poligonals tancades: Es tracta del model de poligonal que comença i acaba en el mateix punt o en punts on les posicions horitzontals son conegudes. Aquests dos tipus de poligonals tancades es denominen respectivament poligonals de circuit i poligonals lligades en els seus extrems. Una poligonal de circuit, forma un cercle tancat continu. Un exemple típic d'aquesta classe de poligonal és el perímetre d'un terreny. S'executa amb la finalitat d'obtenir les dades necessaris per representar adequadament el predi i calcular la seva àrea. Una poligonal lligada en ambdós extrems comença i acaba en punts molt separats, on les seves posicions horitzontals s'han determinat prèviament mitjançant un aixecament de com a mínim, igual exactitud o, de preferència superior. Les posicions horitzontals dels punts extrems es conserven fixes en el càlcul i ajust de la poligonal de lliga. (McCormac, J. 2004)





Una vegada vistes les dues classes de poligonals, es va decidir quin era el model que interessava.

Ja que en el nostre cas es tractava d'un recinte tancat, el que es volia construir era una poligonal tancada.

#### 4.1.2. DISSENY I SENYALITZACIÓ

Així doncs es va partir del punt 1035, situat dins del campus de l'ETSEA, i que estava localitzat com a punt georeferenciat (això ho indica un clau en el terra situat just en el punt en qüestió). Es va partir doncs del punt 1035 simplement per comprovar que el punt 1036 no s'havia mogut. Ja que aquest es troba situat a damunt de l'edifici 3 del campus de l'ETSEA, i degut a la instal·lació de plaques solars, no era segur que el punt 1036 no hagués patit cap canvi. Una vegada comprovat el punt (del que també es tenien les coordenades), ja es podia començar a marcar la poligonal dins del jardí botànic.

Aquesta poligonal es va construir al voltant de l'Arborètum, aconseguint sempre que des de cada punt de la poligonal es pogués veure almenys 2 altres punts de la mateixa i, al mateix temps, que des de cada punt d'estacionament fos possible abastar el màxim de superfície, per així, poder prendre el màxim de punts possibles de cada zona, ja que posteriorment gràcies a aquests punts es podria aconseguir plasmar al màxim cada detall. Per acabar la poligonal, calia tancar-la al mateix punt d'inici.

Un cop feta aquesta poligonal, es calcularen les coordenades UTM dels vèrtex d'aquesta, de tal manera que es pogués fer l'aixecament de qualsevol punt de l'Arborètum estacionant en qualsevol dels vèrtex del polígon, o en algun satèl·lit, anomenat també *outside*<sup>1</sup>, dels mateixos, ja que se'n podia saber les seves coordenades UTM.

La poligonal que es va construir, constava de 4 vèrtex (el punt A, B, C i D), i seguint un itinerari, es va començar en el punt 1035, (només per comprovar), seguint cap al 1036 i d'aquest cap a A, B, C i D, i tancant altre cop al punt A. Per altre banda, per poder aconseguir prendre dades de tot l'Arborètum, van ser necessaris 4 *outsides*, tres des del punt B i un des de C.

Aquests vèrtex, juntament amb les *outsides*, són punts fixes i per tant, interessava moltíssim que quedessin ben definits, i que en un futur no es moguessin, ja que estaven delimitats com a punts geodèsics i així entraven dins la delimitació de la xarxa geodèsica.

<sup>1</sup>*Outside: Des d'un punt de la poligonal, es fa la lectura normal i invertida d'un punt concret fora de la d'aquesta, acte seguit, cal fer la lectura des del punt en qüestió cap a la poligonal i ja es pot utilitzar com a punt base per fer diverses lectures al voltant d'aquell punt.*



Així doncs, aconseguint tenir referenciats una sèrie de punts, per en un futur, poder ser utilitzats, si fos necessari, en nous aixecaments topogràfics.

Per marcar el lloc exacte de cada vèrtex, es va decidir fer-ho amb puntes d'acer a la zona on el terra era paviment i es podien clavar, i amb estaques de fusta en les zones on el sòl era terrós (Figura 3). Les cabotes dels claus van ser pintades amb pintura blanca per ressaltar més alhora de mirar per l'òptica. Les estaques es van marcar amb una creu a la seva part superior, per així poder tenir un punt exacte on mirar alhora de situar l'estació total.



**Figura 3.** Imatge dels dos sistemes emprats per indicar els punts exactes de la poligonal i outsides.



#### 4.1.3. MESURA D'ANGLES I DISTÀNCIES

Per construir la poligonal, es va estacionar a cada vèrtex i es va fer la lectura normal i invertida del vèrtex següent i de l'anterior, de tal manera que, des de cada un d'aquests vèrtex, es van realitzar 4 lectures.

La lectura invertida, consisteix en la regla de Bessel o de la volta de campana, es fa a manera de comprovació, i ens diu que l'azimut d'anada, és igual al de tornada +/- 200g.

Consisteix, en que un cop feta la mesura, fer una volta de campana a la ullera i fer mitja volta a l'alidada, de tal manera, que es torna a tenir l'objectiu davant, i novament es fa una altra lectura al mateix punt d'abans, la nova lectura ha de ser igual a l'anterior +/-200g.

D'aquesta manera per cada punt es tenen dos lectures per l'angle horitzontal, dos per l'angle vertical i dos per la distància horitzontal, la lectura correcta s'obté fent una mitja de les dos, sense tenir en compte els 200g que sumen o resten. (Domínguez García-Tejero, F. 1997)

El dibuix de la amb les dades dels angles s'adjunta a l'annex 4, concretament en el planell número 1.

#### 4.1.4. ESTACIONAMENT DE L'APARELL TOPOGRÀFIC

Per posar l'estació total en estacionament, es seguiren els següents passos:

1. S'estiren les potes del trípod fins a una alçada que vagi bé a l'observador, i es posen més o menys sobre el punt on s'ha d'estacionar l'aparell, seguidament es posa l'estació total damunt del trípod i es colla amb el cargol que hi ha a la platina del mateix.
2. Un cop l'aparell està muntat s'agafen dues potes i mirant per la plomada òptica es van movent, fins a fer encaixar l'estació al punt on es vulgui estacionar (Figura 4).

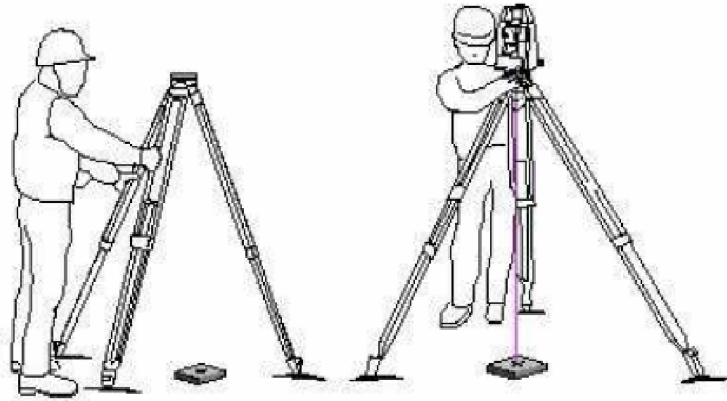
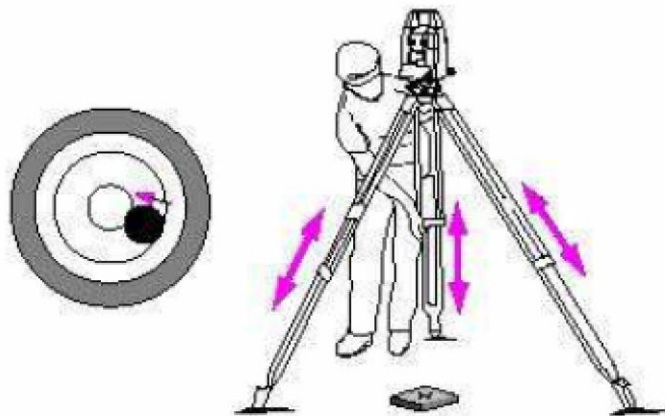


Figura 4. Representació gràfica dels procediments anteriors.

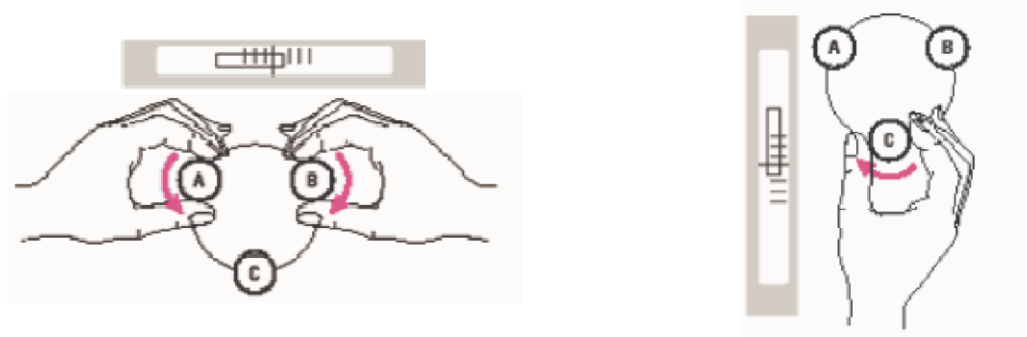
3. Un cop hi ha l'estació col·locada, cal posar-la a nivell, per aconseguir-ho es fa orientant-se amb dos nivells, un d'esfèric i un de cilíndric. Primer es centra el nivell esfèric i després el cilíndric.
- Centrat del nivell esfèric: es fa apujant o abaixant l'alçada de les potes del trípod, per fer-ho es recolza el peu damunt l'esperó que té cada pota, expressament per aquesta funció, i s'afluixa el cargol. Llavors observant el nivell esfèric es fa pujar o baixar la pota, de tal manera que l'esfera d'aire quedi centrada (Figura 5). Es procedeix de la mateixa manera amb les altres potes, fins que l'esfera d'aire queda completament centrada.

Amb el centrant del nivell esfèric pot ser que l'estació es mogui del punt on l'havíem col·locat, cal tornar a mirar per la plomada òptica i verificar que aquesta no s'ha mogut. Si es així, per recol·locar-la, s'afluixa el cargol de la base i mirant per la mateixa plomada, es centra al punt d'estacionament.



**Figura 5.** Representació gràfica de com anivellar el nivell esfèric.

- Centrat del nivell cilíndric, es fa amb dos passos: primer es centra l'aparell entre dos dels tres cargols que hi ha a la base i girant els dos cargols en la mateixa direcció es centra la bombolla d'aire entre les dos marques del nivell, seguidament es gira l'estació perpendicular a l'eix que formen els dos primers cargols i girant el tercer cargol s'acaba d'anivellar (Figura 6).



**Figura 6.** Representació gràfica del centrat del nivell cilíndric.

4. Un cop l'aparell està estacionat s'aconsella lligar les potes del trípod, per evitar que l'estació pugui caure en el cas que s'ensopegués amb alguna de la potes, durant la presa de dades.



#### 4.1.5. GEOREFERENCIACIÓ

La georeferenciació és un terme que fa referència al posicionament amb el que es defineix la localització d'un objecte o una sèrie de punts. La ubicació d'aquests s'efectua mitjançant un sistema de referència, en aquest cas s'utilitza el sistema ED50 (European Datum 1950). Les cotes es refereixen a la superfície definida pel nivell mitjà del mar a Alacant.

Aquest sistema de referència, emprant les coordenades UTM (Universal Transversal Mercator), són una projecció que s'ha generalitzat per feines topogràfiques d'extensions grans o mitjanes i per georeferenciar tot tipus de treballs. La projecció UTM és cilíndrica i modificada, en lloc de fer-la tangent a l'Equador, s'efectua tangent a un meridià.

La terra es divideix en 60 fusos, cada fus té assignat un meridià central, que és on es situa l'origen de coordenades. Els fusos es numeren en ordre ascendent cap a l'est. Així Catalunya es troba al fus 31 de l'hemisferi nord, concretament a la quadrícula UTM 31T. (Franco Rey, J. 1999)

A Catalunya el sistema de referència es materialitza sobre el territori amb la Xarxa Geodèsica Utilitària de Catalunya, encara que existeixen d'altres com la xarxa del IGN o les xarxes dels ajuntaments, com la utilitzada en aquest cas per iniciar l'estudi topogràfic.

##### **4.1.5.1. Georeferenciació dels punts 1035 i 1036**

En aquest cas, el punt de partida amb coordenades UTM conegudes va ser el 1035, situat al carrer d'entrada de l'edifici principal de la facultat d'Agrònoms. Aquest, només s'utilitzà per comprovar que el punt 1036 estava situat al lloc correcte. Acte seguit ja es podia instal·lar l'estació total en el punt 1036, ubicat a la terrassa de l'edifici 3 de l'ETSEA.

Les coordenades del punt 1036 eren conegudes, així com l'angle horitzontal o azimutal que forma amb el punt 1035.

L'angle azimutal entre el punt 1036 i 1035 (Figura 7), era necessari per estacionar l'estació total en 1036 i començar l'aixecament de la poligonal. Un cop estacionat l'aparell, es va introduir l'angle entre 1036 i 1035 mitjançant el teclat numèric de l'aparell, es va fixar aquest angle mitjançant la tecla de bloqueig, llavors calia apuntar en direcció al prisma reflectant, situat al punt 1035, i un cop apuntat, clicar al botó de *hold* deixant així l'angle lliure. Així doncs, l'estació total ja estava preparada per fer l'aixecament de la poligonal.



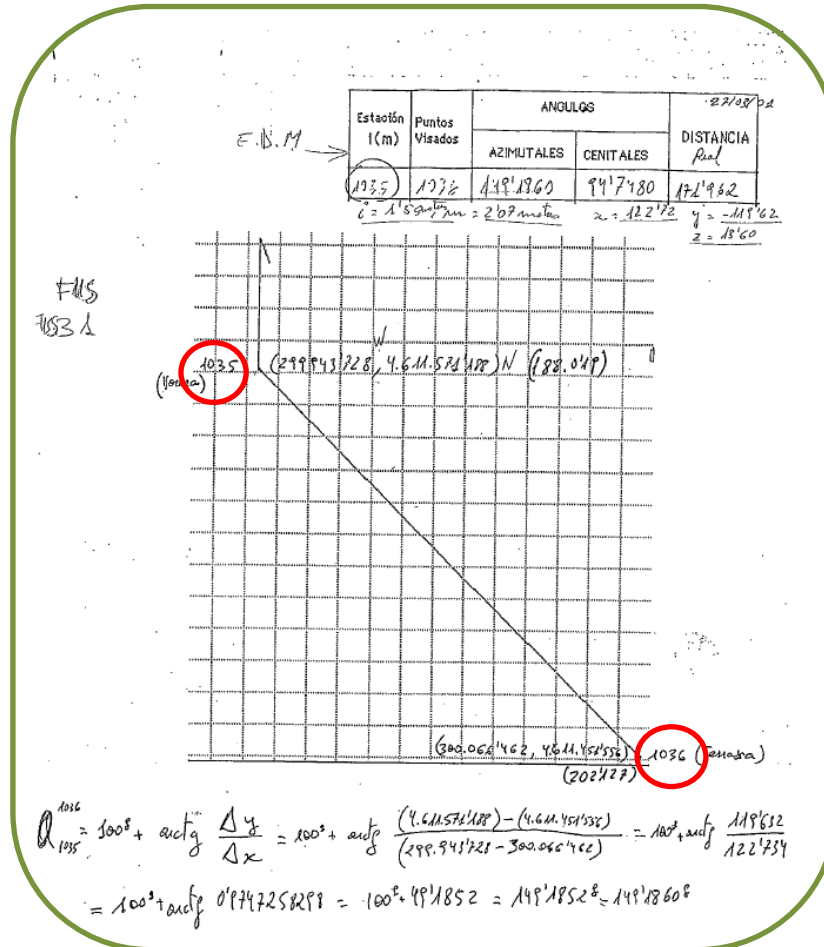


Figura 7. Full de camp on es pot veure l'angle entre 1035 i 1036.

| Coordenades UTM - Punt 1036 |             |
|-----------------------------|-------------|
| X UTM                       | 300066,462  |
| Y UTM                       | 4611451,556 |
| ZUTM                        | 202,127     |



#### 4.1.6. DADES DE CAMP DELS VÈRTEX DE LA POLIGONAL

Una vegada doncs situats en el punt 1036, ja es podia enfocar cap al primer punt de la poligonal que es volia construir. En aquest cas anomenat A.

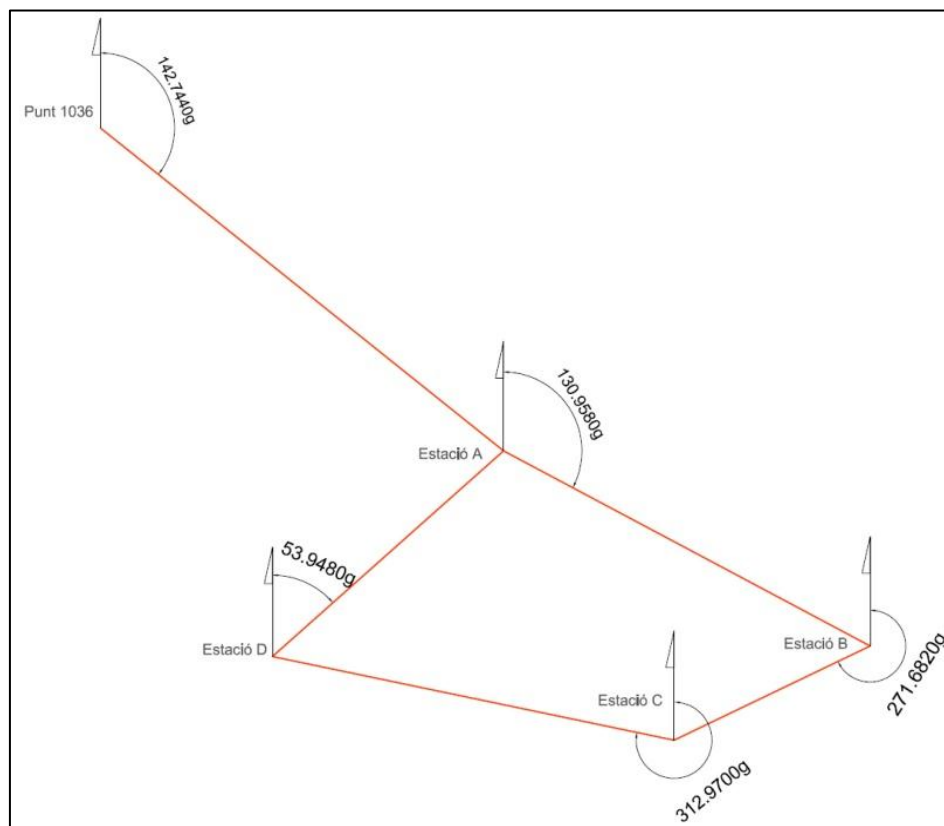
|     |          | EIXOS |    | ANG.<br>HORIZ | ANG.<br>VERT | DIST. HOR. |
|-----|----------|-------|----|---------------|--------------|------------|
| i = | 1,335    | A-B   | Ln | 130,956       | 99,910       | 190,870    |
| m = | 2,240    |       | Li | 330,956       | 300,090      | 190,875    |
| i = | 1,295    | B-A   | Ln | 330,956       | 99,730       | 190,820    |
| m = | 1,450    |       | Li | 130,958       | 300,270      | 190,819    |
|     | mitjanes |       |    | 130,957       |              | 190,846    |

|     |          | EIXOS |    | ANG.<br>HORIZ | ANG.<br>VERT | DIST. HOR. |
|-----|----------|-------|----|---------------|--------------|------------|
| i = | 1,335    | A-D   | Ln | 253,972       | 100,112      | 141,891    |
| m = | 2,240    |       | Li | 53,972        | 299,890      | 141,836    |
| i = | 1,410    | D-A   | Ln | 53,948        | 99,456       | 142,007    |
| m = | 1,450    |       | Li | 253,936       | 300,544      | 142,004    |
|     | mitjanes |       |    | 53,957        |              | 141,935    |

|     |          | EIXOS |    | ANG.<br>HORIZ | ANG.<br>VERT | DIST. HOR. |
|-----|----------|-------|----|---------------|--------------|------------|
| i = | 1,295    | B-C   | Ln | 271,682       | 100,380      | 99,942     |
| m = | 1,450    |       | Li | 71,682        | 299,620      | 99,922     |
| i = | 1,350    | C-B   | Ln | 71,682        | 99,428       | 100,029    |
| m = | 1,450    |       | Li | 271,682       | 300,572      | 100,021    |
|     | mitjanes |       |    | 271,682       |              | 99,979     |



|     |          | EIXOS |    | ANG.<br>HORIZ | ANG.<br>VERT | DIST. HOR. |
|-----|----------|-------|----|---------------|--------------|------------|
| i = | 1,35     | C-D   | Ln | 312,974       | 99,872       | 188,757    |
| m = | 1,450    |       | Li | 112,972       | 300,130      | 188,745    |
| i = | 1,410    | D-C   | Ln | 112,972       | 100,066      | 188,812    |
| m = | 1,450    |       | Li | 312,970       | 299,934      | 188,816    |
|     | mitjanes |       |    | 312,972       |              | 188,783    |



**Figura 8.** Representació gràfica de la poligonal a partir del punt 1036 amb els angles corresponents.



#### 4.1.6.1. Càlcul de les coordenades UTM i compensació

##### 4.1.6.1.1. Compensació de la poligonal (Mètode de Bowditch)

Consisteix en calcular les coordenades en tots els eixos i analitzar l'error en X, Y i Z. Per calcular els valors de X, Y i Z es van utilitzar les fórmules següents:

$$\begin{aligned}X &= Dh * \sin \theta \\Y &= Dh * \cos \theta \\Z &= t + i - m\end{aligned}$$

On: **Dh** és la distància horitzontal,  **$\theta$**  l'azimut, **i** és l'alçada de l'aparell (des del punt del terra fins al punt de l'eix de l'aparell), **m** és l'alçada del prisma reflector i **t** que es calcula a partir de:

$$\begin{aligned}l_n \rightarrow t &= (Dh * \cotg V) \\l_i \rightarrow t &= -(Dh * \cotg V)\end{aligned}$$

On: **V** és l'angle zenital.

Aquest mètode consisteix en compensar, agafant l'error que es produeix en la poligonal, i multiplicar-lo per la distància horitzontal, d'on s'obté l'error en un punt. Després d'això, cal anar afegint proporcionalment a cada punt una quantitat per obtenir un error 0. Els errors comesos en les mesures es calculen a partir dels sumatoris de X, Y i Z i amb els sumatoris de la distància horitzontal.

En la següent taula es resumeix els càlculs realitzats en aplicar el mètode de Bowditch a la poligonal de l'Arborètum.



## MÈTODE DE BOWDITH

| EIXOS            | Distància<br>H | x            | Y             | Z            | x<br>compensada | y<br>compensada | z<br>compensada |
|------------------|----------------|--------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>A-B</b>       | 190,846        | 168,724      | -89,187       | -0,645       | 168,724         | -89,165         | -0,646          |
| <b>B-C</b>       | 99,979         | -90,250      | -43,020       | -0,775       | -90,250         | -43,009         | -0,775          |
| <b>C-D</b>       | 188,783        | -184,877     | 38,201        | 0,259        | -184,877        | 38,223          | 0,258           |
| <b>A-D</b>       | 141,935        | 106,403      | 93,935        | 1,163        | 106,403         | 93,951          | 1,163           |
| <b>Sumatori:</b> | <b>621,543</b> | <b>0,000</b> | <b>-0,071</b> | <b>0,002</b> | <b>0,000</b>    | <b>0,000</b>    | <b>0,000</b>    |
| COORDENADES UTM  |                |              |               |              | X utm           | Yutm            | Zutm            |
|                  |                |              |               | <b>A</b>     | 300252,143      | 4611304,020     | 185,742         |
|                  |                |              |               | <b>B</b>     | 300420,867      | 4611214,855     | 185,097         |
|                  |                |              |               | <b>C</b>     | 300330,617      | 4611171,846     | 184,322         |
|                  |                |              |               | <b>D</b>     | 300145,740      | 4611210,069     | 184,580         |

### 4.1.6.1.2. Càlcul dels errors en la Poligonal

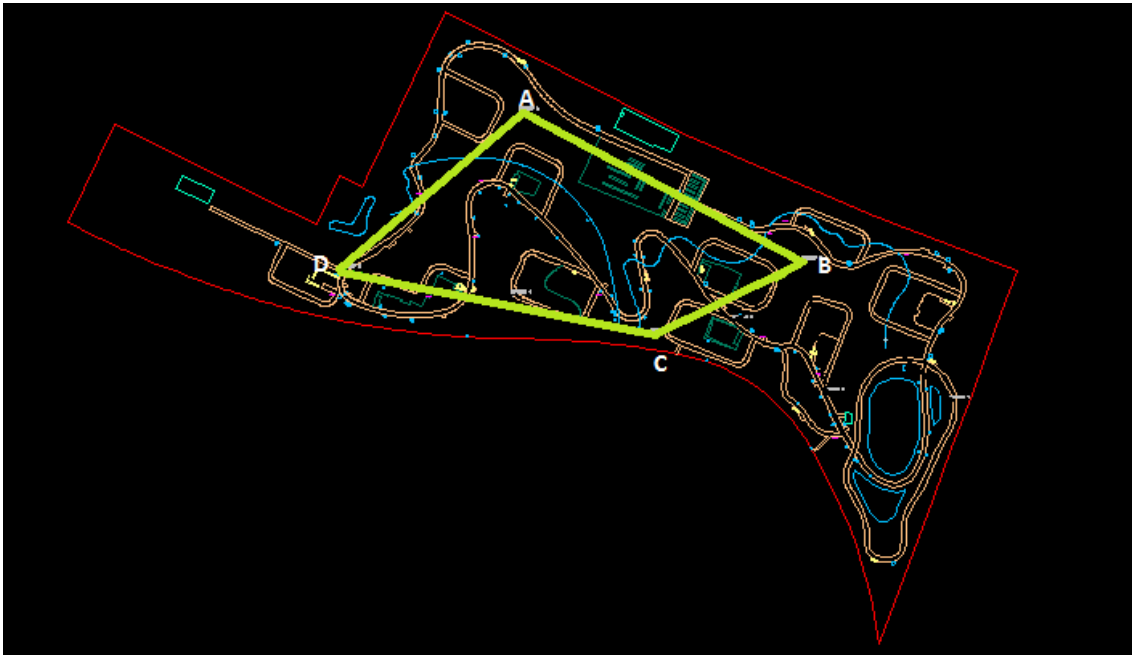
Un cop aplicat el mètode de Bowdith i calculat l'error, es va analitzar si aquest era admissible o no, per fer-ho s'aplicà la següent fórmula:

$$\sqrt{(\epsilon_x)^2 + (\epsilon_y)^2} \leq K^* (\sum D_{\text{eixos}})$$

On: **K** és el coeficient per itineraris, i té un valor de 1/1200 o 1/1500

$$\sqrt{(0)^2 + (-0,071)^2} \leq \begin{cases} 1/1200^* (621,543) = 0,518\text{m} \\ 1/1500^* (621,543) = 0,414\text{m} \end{cases}$$

En la compensació de la poligonal, va sortir que l'error comés era admissible, i per tant, es podia procedir a fer l'aixecament.



**Figura 9.** Representació gràfica de la poligonal.



#### 4.1.7. OUTSIDES

Degut a les grans dimensions de l'Arborètum, i que la massa arbòria i arbustiva no permetien la bona visibilitat, va ser necessari construir 4 outsides per poder abastar tota la superfície del jardí (Figura 10), i així, poder prendre dades de cada un dels racons i arbres que hi trobem. Partint doncs d'un punt conegut de la poligonal, es va procedir en marcar, a una distància determinada, un punt adient a partir del qual es pogués obtenir una bona visibilitat, per així poder fer la lectura normal i invertida, i a partir d'aquí, saber quines serien les coordenades exactes del punt i prendre les dades necessàries.

##### 4.1.7.1 Càlcul de les coordenades UTM dels outsides

| EIXOS                  |    | ANG.<br>HORIZ | ANG.<br>VERT | DIST.<br>HOR.  | X                | Y          | Z           |         |
|------------------------|----|---------------|--------------|----------------|------------------|------------|-------------|---------|
| <b>B-OUT1</b>          | Ln | 148,022       | 101,074      | 121,118        | 88,263           | 82,941     | -2,198      |         |
|                        | Li | 348,018       | 298,922      | 121,107        | 88,260           | 82,928     | -2,206      |         |
|                        |    |               |              | Mitjana        | 88,262           | 82,935     | -2,202      |         |
|                        |    |               |              | <b>Outside</b> | 88,262           | -82,935    | -2,202      |         |
| <b>COORDENADES UTM</b> |    |               |              |                | <b>X</b>         | <b>Y</b>   | <b>Z</b>    |         |
|                        |    |               |              |                | Punt B           | 300420,867 | 4611214,860 | 185,097 |
|                        |    |               |              |                | Coordenades OUT1 | 300509,129 | 4611131,920 | 182,895 |

| EIXOS                  |    | ANG.<br>HORIZ | ANG.<br>VERT | DIST.<br>HOR.  | X                | Y          | Z           |         |
|------------------------|----|---------------|--------------|----------------|------------------|------------|-------------|---------|
| <b>B-OUT2</b>          | Ln | 189,444       | 101,178      | 79,181         | 13,069           | -78,095    | -1,820      |         |
|                        | Li | 389,444       | 298,818      | 79,181         | -13,069          | 78,095     | -1,825      |         |
|                        |    |               |              | Mitjana        | 13,069           | 78,095     | -1,823      |         |
|                        |    |               |              | <b>Outside</b> | 13,069           | -78,095    | -1,823      |         |
| <b>COORDENADES UTM</b> |    |               |              |                | <b>X</b>         | <b>Y</b>   | <b>Z</b>    |         |
|                        |    |               |              |                | Punt B           | 300420,867 | 4611214,860 | 185,097 |
|                        |    |               |              |                | Coordenades OUT2 | 300433,936 | 4611136,760 | 183,275 |



| EIXOS                  |    | ANG.<br>HORIZ | ANG.<br>VERT | DIST.<br>HOR.  | X                | Y          | Z           |         |
|------------------------|----|---------------|--------------|----------------|------------------|------------|-------------|---------|
| <b>B-OUT3</b>          | Ln | 255,378       | 101,068      | 54,189         | -41,414          | -34,948    | -1,229      |         |
|                        | Li | 55,378        | 298,942      | 54,143         | 41,379           | 34,918     | -1,220      |         |
|                        |    |               |              | Mitjana        | -41,394          | -34,933    | -1,225      |         |
|                        |    |               |              | <b>Outside</b> | -41,394          | -34,933    | -1,225      |         |
| <b>COORDENADES UTM</b> |    |               |              |                | <b>X</b>         | <b>Y</b>   | <b>Z</b>    |         |
|                        |    |               |              |                | Punt B           | 300420,867 | 4611214,860 | 185,097 |
|                        |    |               |              |                | Coordenades OUT3 | 300379,473 | 4611179,920 | 183,873 |

| EIXOS                  |    | ANG.<br>HORIZ | ANG.<br>VERT | DIST.<br>HOR.  | X                | Y          | Z           |         |
|------------------------|----|---------------|--------------|----------------|------------------|------------|-------------|---------|
| <b>B-OUT4</b>          | Ln | 317,116       | 98,866       | 86,488         | -83,381          | 22,974     | 0,986       |         |
|                        | Li | 117,108       | 301,124      | 86,485         | 83,381           | -22,963    | 0,972       |         |
|                        |    |               |              | Mitjana        | -83,381          | 22,969     | 0,979       |         |
|                        |    |               |              | <b>Outside</b> | -83,381          | 22,969     | 0,979       |         |
| <b>COORDENADES UTM</b> |    |               |              |                | <b>X</b>         | <b>Y</b>   | <b>Z</b>    |         |
|                        |    |               |              |                | Punt C           | 300330,617 | 4611171,850 | 184,322 |
|                        |    |               |              |                | Coordenades OUT4 | 300247,236 | 4611194,820 | 185,301 |



#### 4.1.7.2. Representació gràfica de la poligonal juntament amb els outsides

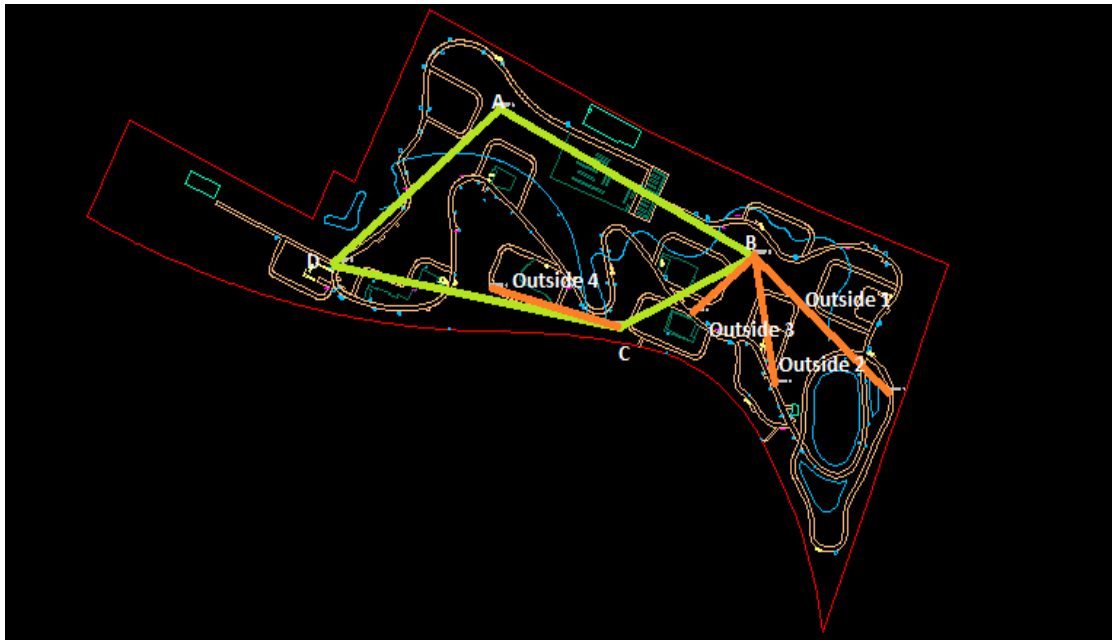


Figura 10. Representació gràfica de la poligonal mes els outsides.

## 4.2. ESTUDI DETALL DEL TERRENY

### 4.2.1. INTRODUCCIÓ

El topògraf ha de tenir una gran habilitat i el criteri necessari per executar mesures precises. Aquest fet resulta obvi quan es pensa en termes com la construcció de ponts llargs, túnels, edificis alts, magatzems de míssils o en la instal·lació de maquinaria delicada; no obstant, aquesta precisió també és necessària en els aixecaments topogràfics de terrenys.

Fa unes quantes dècades, els preus de la terra no eren tant alts, amb excepció dels terrenys ubicats en les grans ciutats i en les seves zones metropolitanes. Si un topògraf agregava o disminuïa uns quants metres quadrats en un lot o algunes hectàrees en una granja, generalment això no es considerava un assumpte de gran importància. Fins abans del segle XX no es contava amb bons instruments topogràfics i, per tant, era pràcticament impossible per a un topògraf obtenir la qualitat de treball que s'espera dels topògrafs actuals.(...)

Avui en dia, els preus dels terrenys son alts en la majoria de les àrees. En molts llocs d'alta densitat poblacional i en moltes zones d'esbarjo, es ven a un preu molt elevat el metro quadrat de terreny, per aquest motiu que el topògraf ha d'executar un treball excel·lent. ( Domínguez García-Tejero, F. 1997).



#### 4.2.2 AIXECAMENT TOPOGRÀFIC DELS PUNTS

Un cop l'estació total està col·locada correctament per començar a treballar cal orientar-la i posicionar-la. Aquests procediment varia si al punt on s'estaciona se'n coneix les coordenades UTM, si no està georeferenciat, o si es tracta del satèl·lit d'un altre punt, que si està georeferenciat.

##### **4.2.2.1. Orientació i posicionament en un punt de coordenades conegudes**

És el procediment que es va fer servir per estacionar al punt 1035 i 1036, i a partir dels quals es va construir la poligonal entorn a l'Arborètum.

Primerament s'estaciona l'aparell al punt, acte seguit cardrà orientar-lo, això es fa mitjançant la brúixola que porta l'estació total a la part superior. El procediment és, encarar-la cap al Nord, fins que la línia blanca queda encaixada entre les dos marques que hi ha al centre. Quan s'orienta l'estació total, cal anar en compte que no hi hagi cap camp magnètic que pugui atraure la brúixola. Un cop l'aparell està encarat al Nord magnètic està orientat a 0°, i per indicar-li a l'estació total s'ha de prémer el botó "SET0".

Un cop l'estació està orientada cal posicionar-la, introduint-li les coordenades UTM del punt on està estacionada, que en aquest cas son conegudes.

##### **4.2.2.2. Orientació i posicionament de l'aparell en un punt de coordenades no conegudes**

El que es fa és, des del punt de coordenades conegudes, es mesuren els angles i la distància respecte al punt on es vol estacionar, novament s'estaciona al punt on volem situar-nos i no en coneixem les coordenades, i encarem l'aparell cap al punt on hem mesurat els angles. Un cop el tenim encarat cap aquell prisma, li marquem els angles i la distància a la que es troba aquell punt, amb l'opció d'introduir angles. Aquest procediment, va ser l'utilitzat per construir la poligonal de dins l'Arborètum, així com també es va utilitzar per marcar els diferents outsidés.

Una vegada orientat i posionat l'aparell ja es podia començar a fer l'aixecament topogràfic dels punts. Aquest aixecament es va dur a terme mitjançant quatre persones. Dues situades a l'aparell i dues al punt concret que es volia estudiar.

Les dues persones situades a l'aparell, la seva funció era: una persona mirar per l'òptica de l'aparell fins el jaló i fer la lectura de la distància, i l'altre apuntar les dades en uns estadells que posteriorment eren passats a Excel.

La funció de les dues persones situades en el punt d'estudi, consistien en aguantar el jaló en el punt exacte que es volia prendre les dades, i al mateix temps, també marcar

en el GPS un wait point. L'altre persona, era l'encarregada de dibuixar el croquis de la zona, indicant també quin punt s'havia d'estudiar.

Per tal de fer la feina mes amena, es va decidir repartir les diferents funcions per dies. Així, es realitzarien els diferents treballs possibles, ja que també interessava per poder conèixer be cada una de les diferents tasques a fer.

En total es van recollir aproximadament uns 2700 punts, entre mobiliari, camins, jardins, edificis, punts d'aigua i arbres. Mitjançant aquests punts es pogueren dibuixar els plànols de l'Arborètum. Es van realitzar partint de que en el croquis i els estadells (Figures 11 i 12), hi havia apuntat cada punt de què es tractava i alhora de dibuixar amb AutoCAD sols es tractava d'unir punts en funció del que es desitges dibuixar.

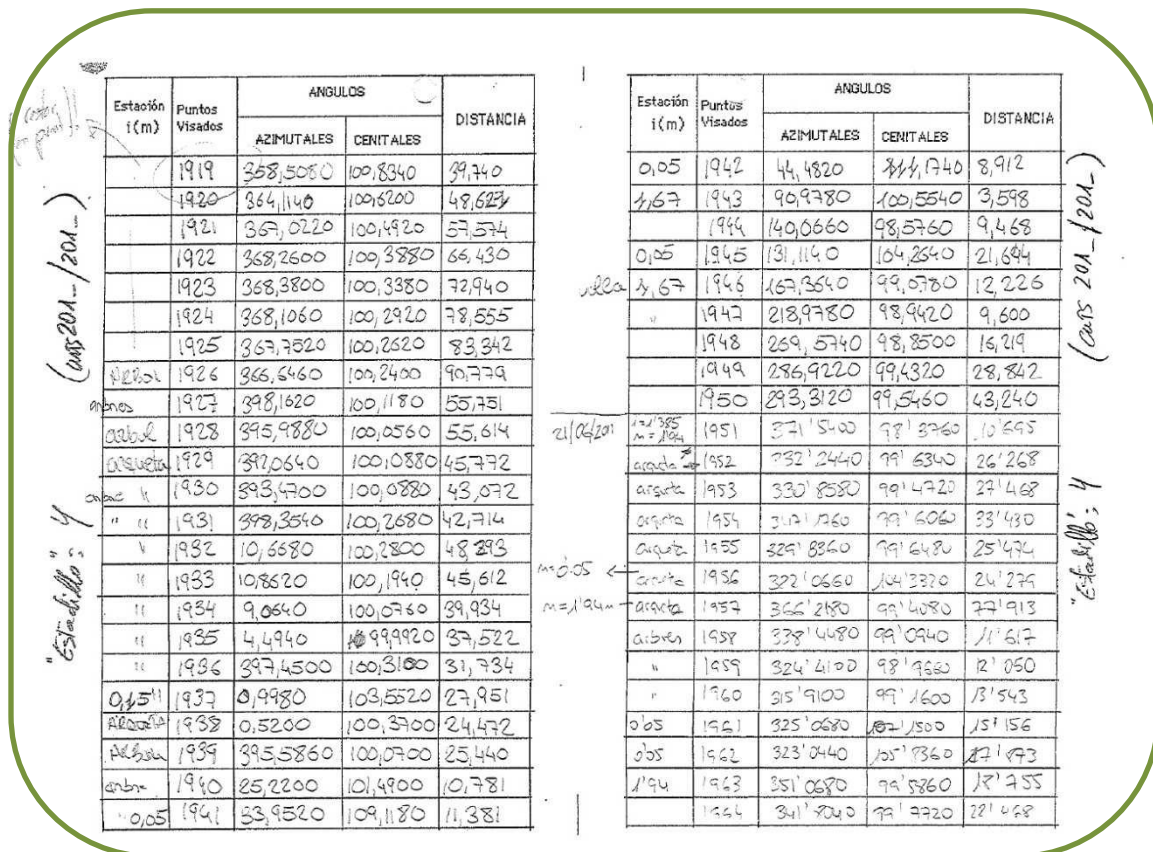


Figura 11. Estadells utilitzats a camp per prendre les dades dels punts, amb anotacions.

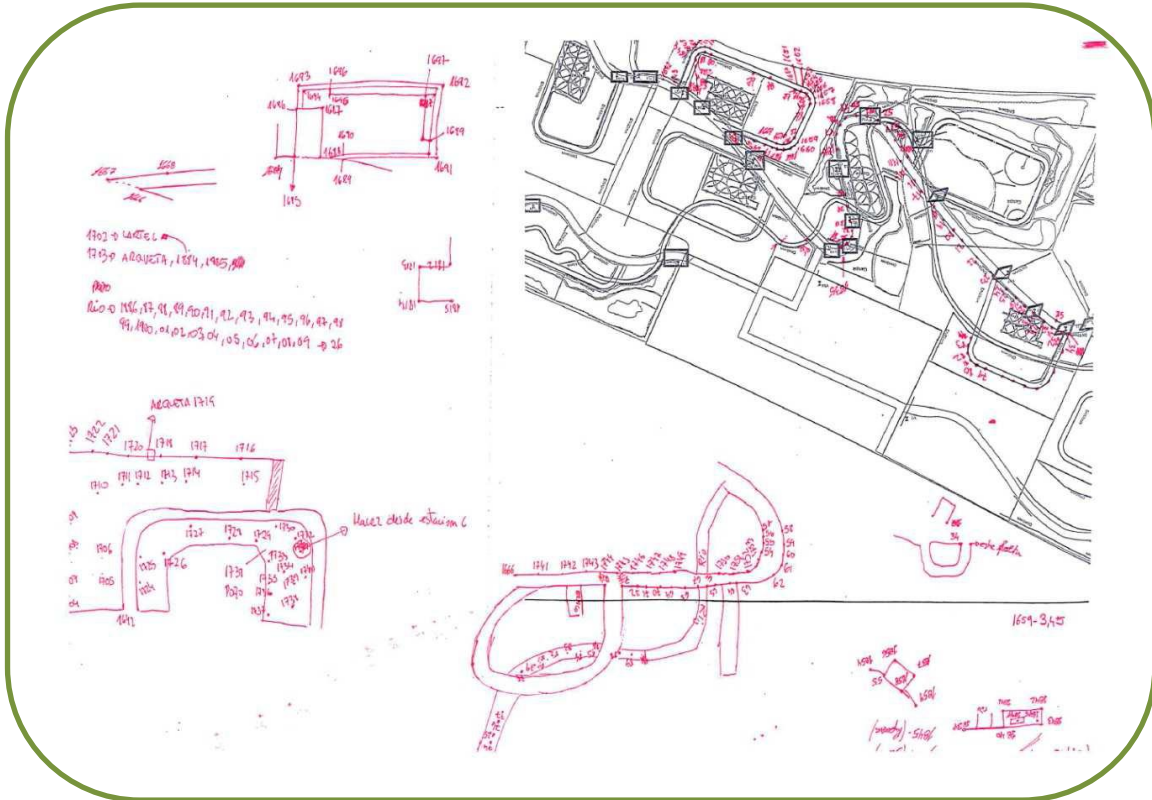


Figura 12. Croquis utilitzat a camp per marcar cada punt indicant en l'estadell.

#### 4.3 TRACTAMENT DE LES DADES

Un cop obtingudes les dades de camp es va procedir de la forma següent. Primerament, es va construir una base de dades Excel, on des del primer dia s'hi introduïren les dades obtingudes. Aquesta base de dades relacionava les dades obtingudes amb el punt que es volia trobar, i això es feia mitjançant les formules següents.

$$X = DH \times \sin (\Delta H / 63,662)$$

$$Y = DH \times \cos (\Delta H / 63,662)$$

$$Z = (t + i - m)$$

on  $t = DH \times (1 / \tan (\Delta V / 63,662))$



| PUNT | X         | Y          | Z      |
|------|-----------|------------|--------|
| 1    | 300066,58 | 4611247,81 | 185,53 |
| 2    | 300065,38 | 4611245,38 | 185,47 |
| 3    | 300094,56 | 4611234,51 | 185,17 |
| 4    | 300093,58 | 4611231,93 | 185,12 |
| 5    | 300108,94 | 4611224,74 | 184,92 |
| 6    | 300104,63 | 4611204,32 | 185,03 |
| 7    | 300101,69 | 4611203,66 | 185,00 |
| 8    | 300101,77 | 4611203,5  | 185,01 |
| 9    | 300135,26 | 4611190,73 | 184,70 |
| 10   | 300134,91 | 4611188,1  | 184,65 |
| 11   | 300105,71 | 4611225,82 | 184,92 |
| 12   | 300142,75 | 4611200,13 | 184,47 |
| 13   | 300143,89 | 4611196,36 | 184,44 |
| 14   | 300143,67 | 4611193,83 | 184,44 |
| 15   | 300147,56 | 4611195,8  | 184,39 |
| 16   | 300147,77 | 4611190,16 | 184,42 |
| 17   | 300148,82 | 4611188,97 | 184,38 |
| 18   | 300154,88 | 4611191,25 | 184,33 |
| 19   | 300157,41 | 4611190,19 | 184,32 |
| 20   | 300162,85 | 4611206,67 | 184,25 |
| 21   | 300164,80 | 4611204,58 | 184,29 |
| 22   | 300189,52 | 4611199,03 | 184,14 |
| 23   | 300191,70 | 4611197,11 | 184,17 |
| 24   | 300199,04 | 4611211,92 | 184,06 |
| 25   | 300200,70 | 4611209,81 | 184,10 |
| 26   | 300220,98 | 4611206,96 | 183,97 |
| 27   | 300220,74 | 4611204,15 | 183,96 |
| 28   | 300223,61 | 4611203,2  | 184,00 |
| 29   | 300214,08 | 4611190,52 | 184,01 |
| 30   | 300217,29 | 4611189,89 | 184,05 |
| 31   | 300197,07 | 4611184,46 | 184,09 |
| 32   | 300193,53 | 4611181,4  | 184,16 |
| 33   | 300187,04 | 4611179,77 | 184,26 |
| 34   | 300170,76 | 4611182,78 | 184,28 |
| 35   | 300167,91 | 4611187,94 | 184,27 |
| 36   | 300166,06 | 4611187,1  | 184,28 |
| 37   | 300163,21 | 4611188,03 | 184,28 |
| 38   | 300141,88 | 4611206,49 | 184,49 |
| 39   | 300144,46 | 4611207,91 | 184,52 |
| 40   | 300154,40 | 4611213,65 | 184,50 |

Figura 13. Exemple del model de taula en Excel emprat posteriorment en MDT



Una vegada obtinguda tota la informació, es copiava la columna de les x,y,z (passades ja a UTM) i el número del punt, i es guardava com a .doc (tenint en compte de posar que totes les xifres que contenien una coma, fossin substituïdes per un punt). Seguidament s'obria AutoCAD i s'importaven els punts mitjançant MDT.

Llavors, ja que al mateix temps que es recollien les dades també es feia un esbós de cada zona marcant el número del punt que es tractava, es va començar a dibuixar en dues dimensions i mitjançant diferents capes (en funció de si es tractava de camí, riu, mobiliari,...), tota la superfície de l'Arborètum.

Seguidament, ja que la finalitat d'aquest treball consistia en fer l'aixecament en tres dimensions mitjançant el programa Sketchup, el que es va provar de fer, va ser construir una malla de tota la superfície de l'Arborètum i passar-la a Sketchup. Acte seguit, passar també el dibuix d'AutoCAD en dues dimensions, per poder sobreposar-lo a la superfície, aconseguint així tenir tots els punts marcats sobre el terreny.

El problema doncs va ser, que al fer la funció de situar el dibuix en dues dimensions sobre el terreny, els ordenadors no ho aconseguien fer, es quedaven penjats i enviaven un missatge d'error de Google Sketchup.

Així doncs, va caldre construir la superfície del terreny mitjançant corbes de nivell i no la malla, ja que, al constituir un nombre massa elevat de punts, i per tant d'informació, podria ser el motiu pel qual el programa no podia projectar.

#### 4.3.1. INSERCIÓ I TRACTAMENT DE PUNTS SOBRE EL PLÀNOL

Tot i que aquest treball estava específicament centrat en el dibuix en tres dimensions de l'Arborètum amb el programa Sketchup, cal primer explicar els passos seguits per poder arribar a projectar el mapa del jardí, i la seva superfície, al programa Sketchup.

##### **4.3.1.1. Treball amb AutoCAD + MDT**

Una vegada tots els punts passats a Excel, i guardats en format doc. El primer pas consistia en, mitjançant MDT, importar els punts a AutoCAD.

Els passos son: MDT6 → PUNTOS → IMPORTAR

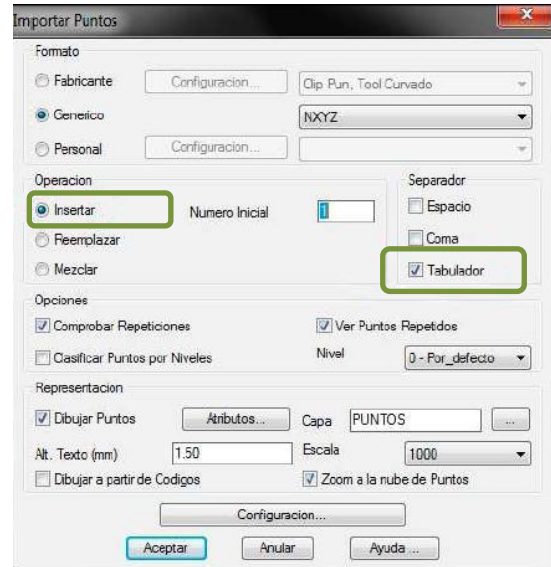
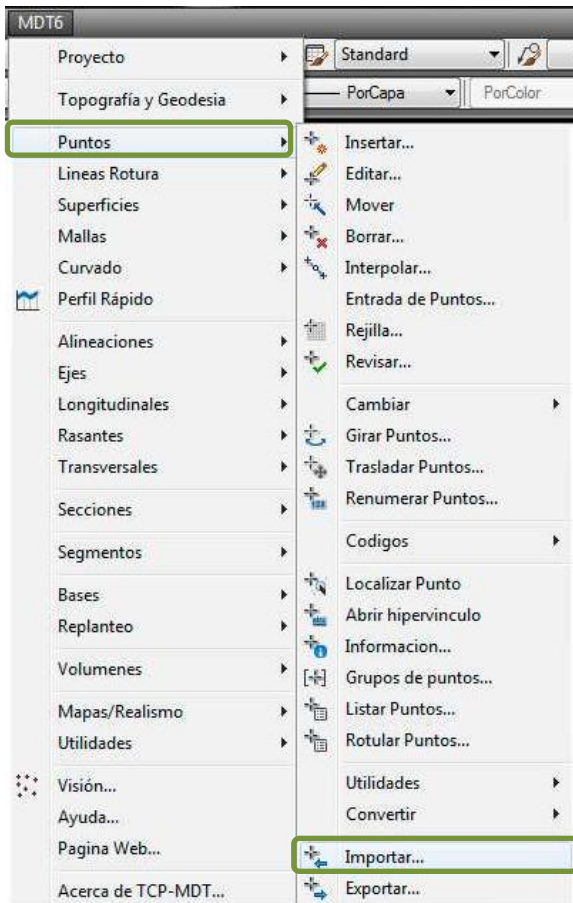
Ens demanava un seguit de opcions: OPERACION: INSERTAR

NUMERO INICIAL:1 SEPARADOR:TABULADOR i Acceptar.

(Figura 14), (Figura 15).

Llavors s'havia de triar l'arxiu. Buscar a la carpeta on hi havia guardada la Excel en forma de doc. i acceptar.

Aquest procediment es va efectuat cada vegada que es van introduir noves dades de camp a la Excel, variant només el número inicial i posant el corresponent.



Figures 14, 15. Imatges dels passos a seguir per importar els punts a Autocad des de MDT.

El resultat de seguir aquest procediment, es pot veure a continuació (Figura 16):

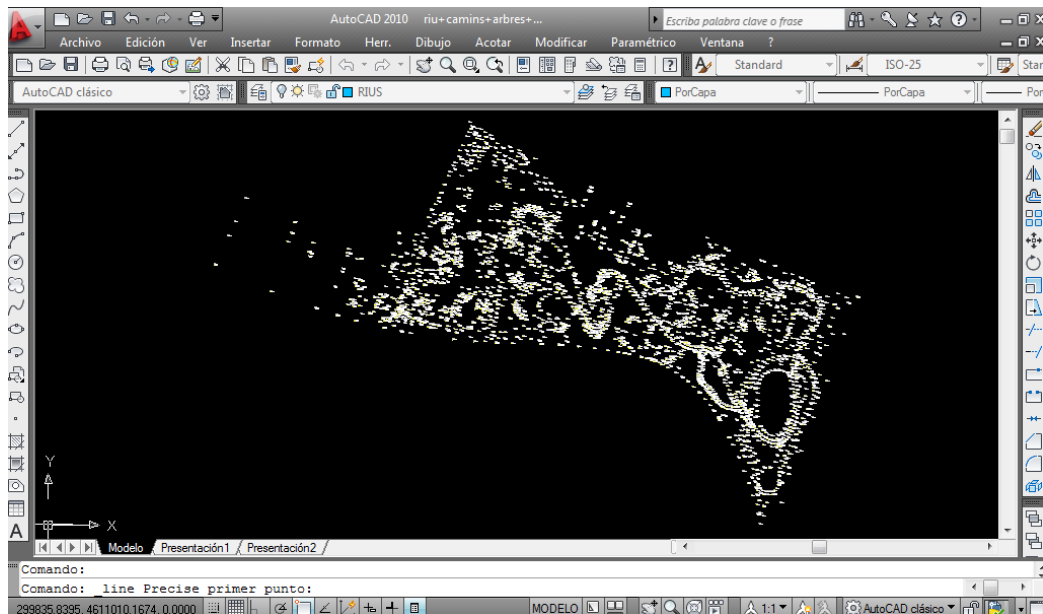
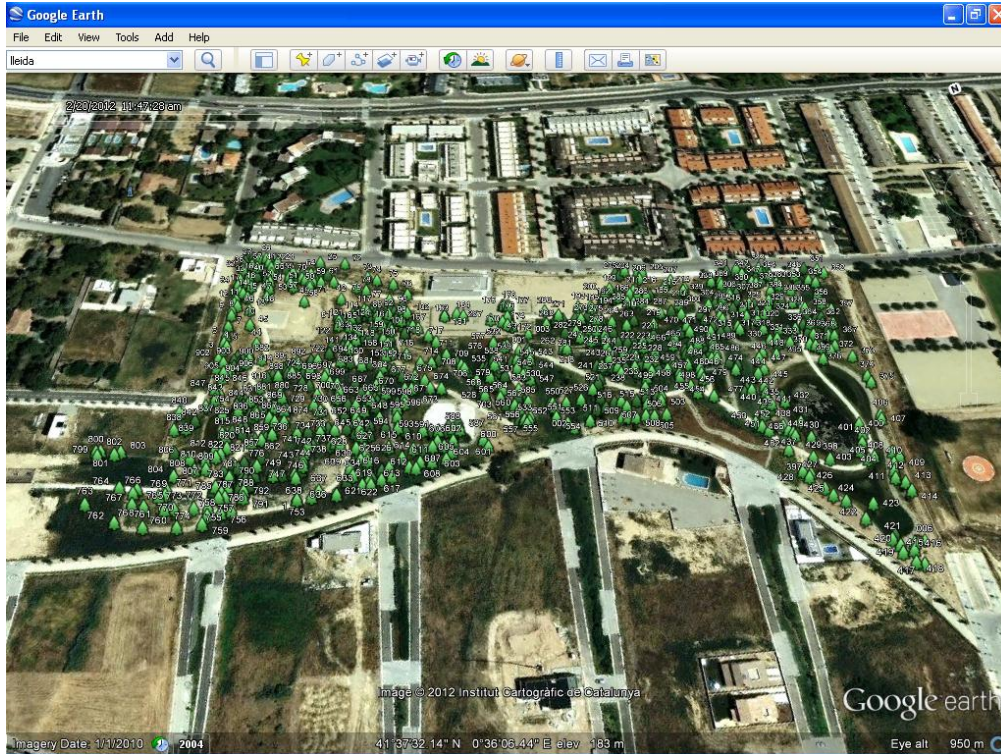


Figura 16. Resultat de la importació de tots els punts.

Per confirmar que s'estava treballant de la forma adequada, es van posar els punts a Google Earth i es va poder comprovar que les dades eren correctes, ja que els punts es situaven just damunt la zona en qüestió (Figura 17).



**Figura 17.** Prova importació dels arbres al Google Earth per comprovar que estan ben referenciats.

El següent pas va ser crear diferents capes en funció de com es volien repartir els punts. Com seria per exemple camins (Figura 18), rius, etc. i treballant capa per capa, per separat, es va anar dibuixant a partir de polílines, tota i cada una de les diferents superfícies o unitats de que consta l'Arborètum.



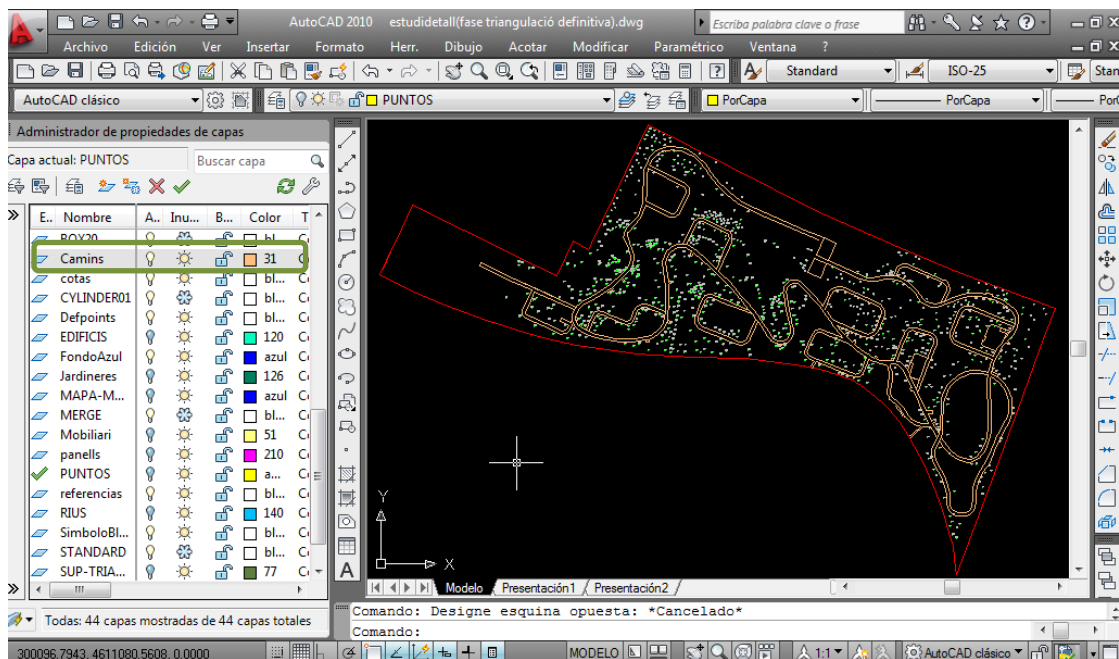


Figura 18. Exemple de la capa camins un cop dibuixada.

El dibuix definitiu de totes les capes acabades es pot trobar dins l'Annex 3 dels plànols.

Acte seguit, un cop ja hi havia totes les capes dibuixades, es va procedir a fer el corbat de la superfície, la malla i la triangulació. No obstant, per poder fer el dibuix en Sketchup es va utilitzar el corbat (Figura 19), ja que les proves realitzades amb la malla no eren les esperades.

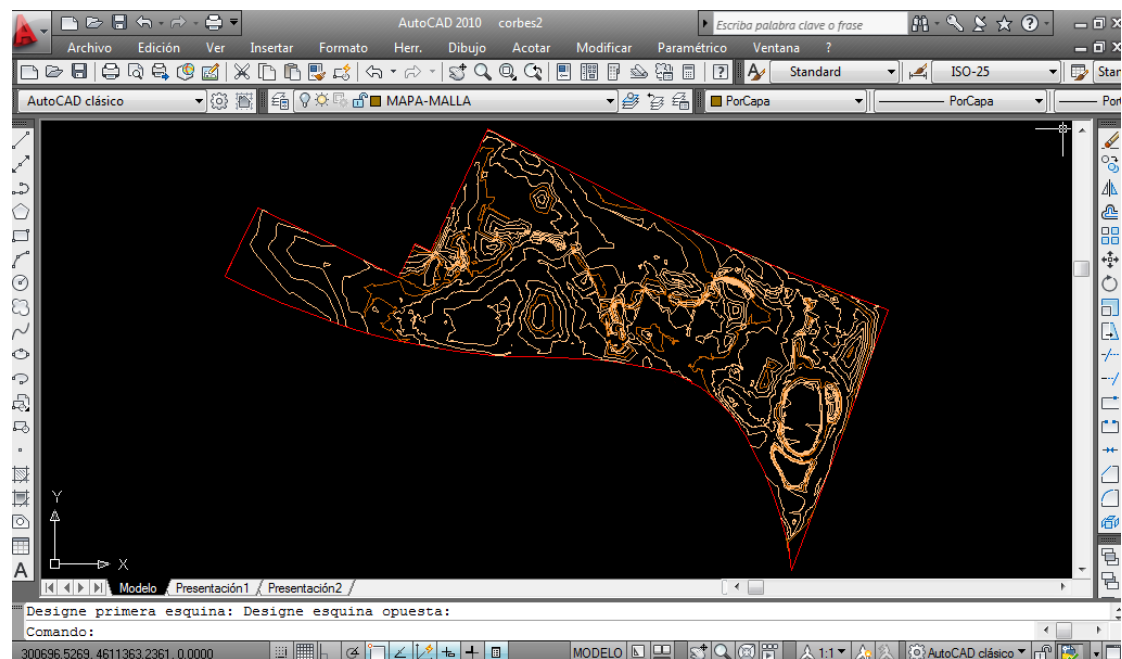


Figura 19. Representació de les corbes de nivell de la superfície.



#### 4.3.1.2. Treball amb Google Sketchup

Una vegada aconseguits tots els passos anteriors, era moment de centrar el treball en la part del dibuix en tres dimensions amb Sketchup, que era concretament la part en la qual es volia centrar aquest treball. Així doncs, a continuació i separat per punts, es poden veure els diferents passos seguit per aconseguir el model en tres dimensions de l'Arborètum.

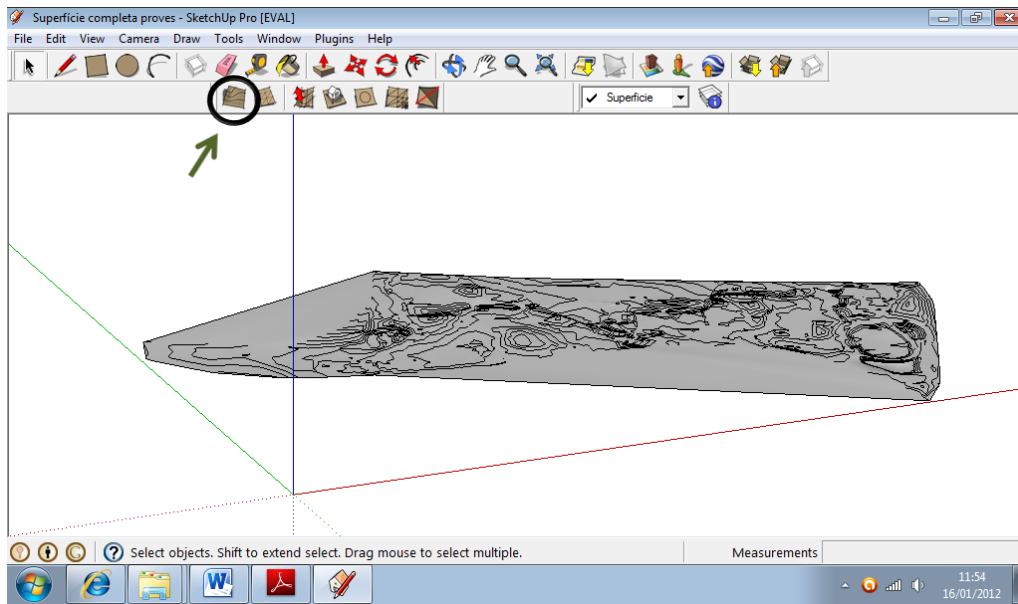
##### 1. Importació de la superfície i capes

Primerament, una vegada instal·lat el Google Sketchup pro, es van fer un seguit de proves d'importació de diferents models del terreny, per així poder veure quin era l'adequat per treballar. En primer lloc es va importar la superfície del terreny des del format dwg d'AutoCAD. La importació era correcta però al moment d'importar el model de terreny en format de malla, hi havia problemes i es penjava l'ordinador. Els problemes no es van identificar ni es van poder solucionar i, per tant, es va desestimar el format.

L'altre forma doncs de realitzar-ho era mitjançant corbes de nivell. Si es feia així, tot i que no abastava la superfície creada, no resultava cap problema ja que es podia crear dins el mateix Sketchup, i d'aquesta forma no es penjava l'ordinador. Al importar només corbes de nivell i no tota la superfície del terreny formant una malla, significava una quantitat molt inferior d'informació, i això comportava que es pogués realitzar la importació.

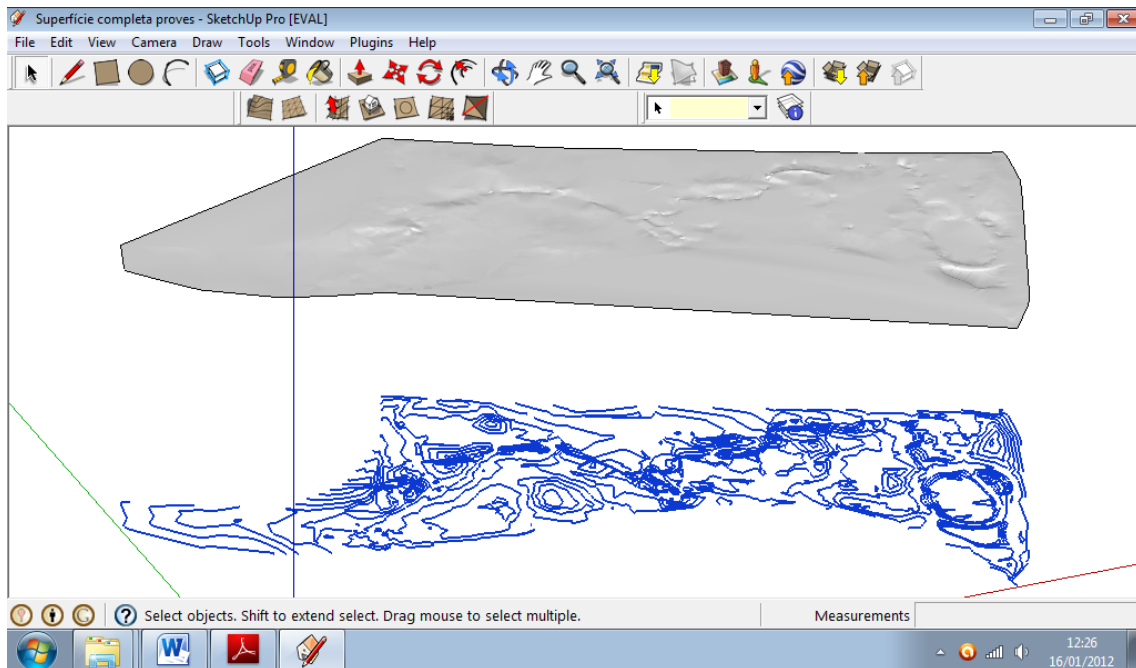
Seguint els passos necessaris, es va procedir a crear una superfície mitjançant les corbes de nivell.

Per crear una superfície sobre aquelles corbes de nivell, es tractava de seleccionar totes les corbes, i amb la funció remarcada en la imatge del programa, es va crear una superfície que abastava tota la dimensió de l'Arborètum (Figura 20).



**Figura 20.** Representació de la superfície creada mitjançant Sketchup a partir de les corbes de nivell.

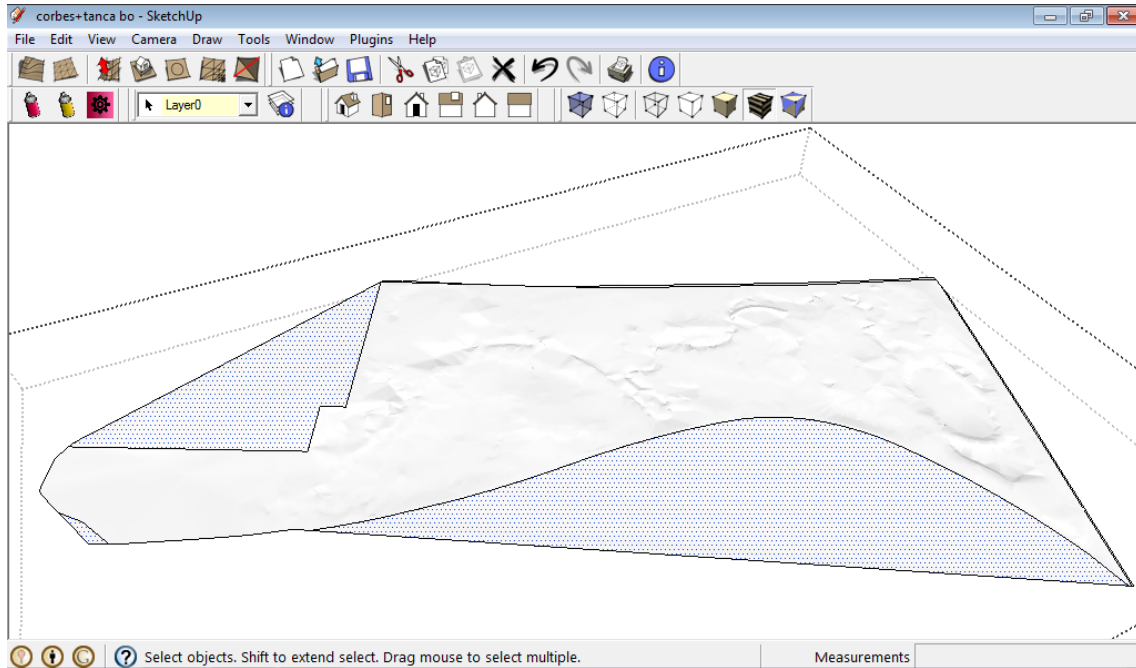
Una vegada formada la superfície, que tot i no poder-se apreciar en la imatge era en tres dimensions, ja que les corbes de nivell no interessaven, es va procedir a separar les corbes i a eliminar-les, quedant només el relleu de la superfície en tres dimensions com un sòlid (Figura 21).



**Figura 21.** Separació de les corbes de nivell de la superfície definitiva.

No obstant el programa no detectava els límits de la tanca de l'Arborètum i això provocava que al formar la superfície, l'extensió de l'Arborètum no fos la desitjada, ja que sobresortia pels costats.

No obstant, una vegada abatuda la capa de la tanca sobre la superfície (Figura 22), es va poder esborrar la part sobrant de terreny.



**Figura 22.** Delimitació de l'Arborètum mitjançant la tanca perimetral.

El següent pas, consistia en importar les diferents capes (camí, riu, edificis,..) al dibuix. Prèviament però, abans d'projectar totes les capes, es van tractar una a una procurant que cada camí o superfície estigués tancada, ja que sinó estaven ben delimitades, no es podrien definir els materials de cada component de la superfície de forma satisfactòria.

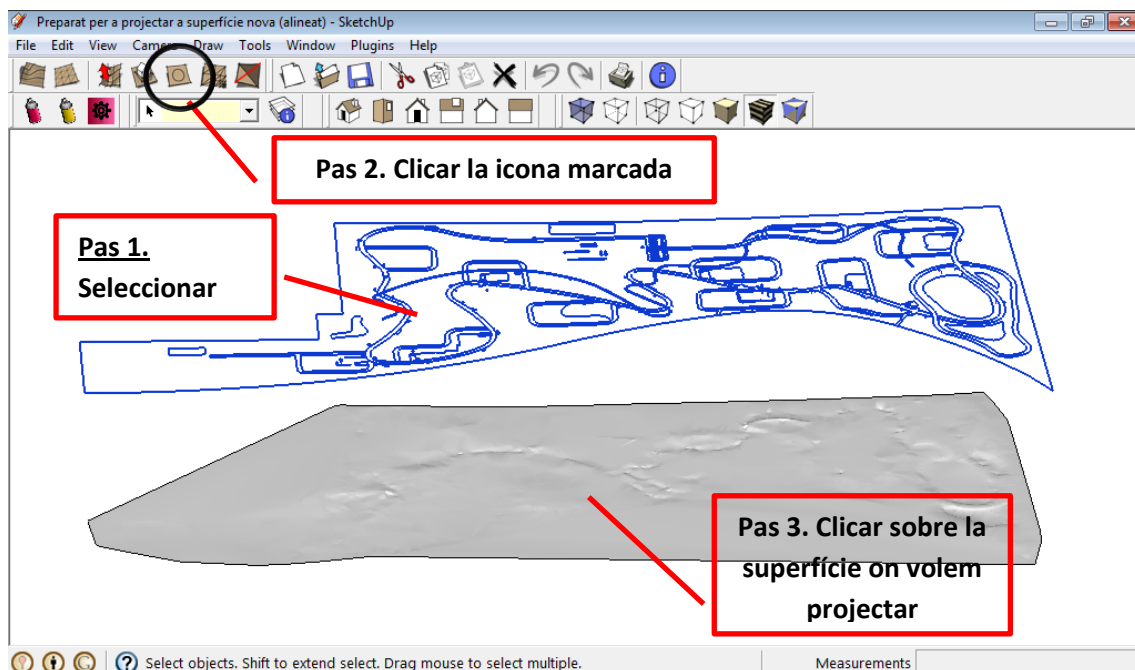
La definició dels materials de cada component de la superfície es va portat a terme de la següent forma:

Es va crear una superfície imaginària plana i es van abatre totes les capes.

Capa a capa es va donar la textura tal i com es desitjava. Si al donar la textura es pintava més superfície de la desitjada, llavors s'havia de buscar on era l'error que provocava això i solucionar-ho (normalment era que alguna línia no estava tancada), i posteriorment s'arreglava a l'AutoCAD per així al pròxim cop que s'importessin les línies ja no passés.

Una vegada tot a punt, es va procedir a importar totes les capes del dibuix en la mateixa pantalla del relleu.

Un cop importades les capes en un sol document, el següent pas, consistia en moure les capes del dibuix i situar-les per sobre de la del relleu, aconseguint que quedessin ben superposades. Acte seguit, mitjançant la funció de la Figura 23, s'han plasmat les capes sobre el relleu, per així poder tenir en tres dimensions tota la superfície.



**Figura 23.** Procediment a seguir per projectar les línies sobre el terreny.

Ja que les dimensions de l'Arborètum eren molt grans, i a l'ordinador li costava molt projectar-ho tot, es va projectar per capes i per zones, porció a porció, per aconseguir així plasmar-ho tot sense que es pengés l'ordinador (Figures 24, 25, 26).

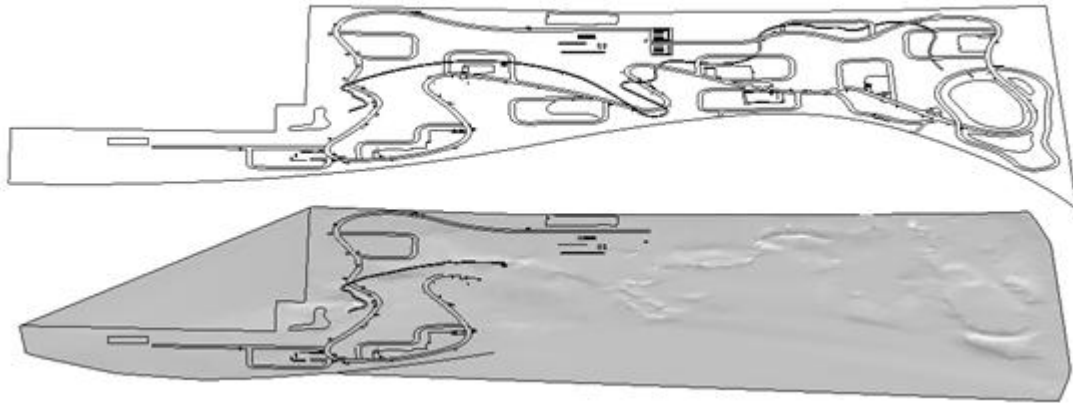


Figura 24. Fase de projecció per parts 1.

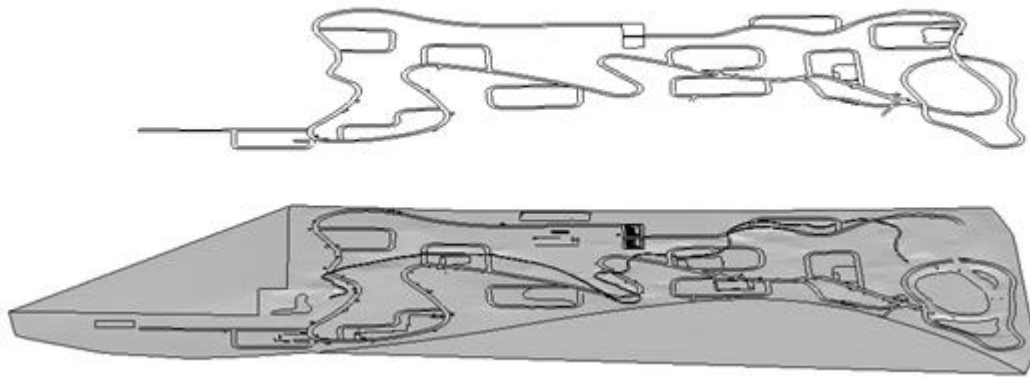


Figura 25. Fase de projecció per parts 2.

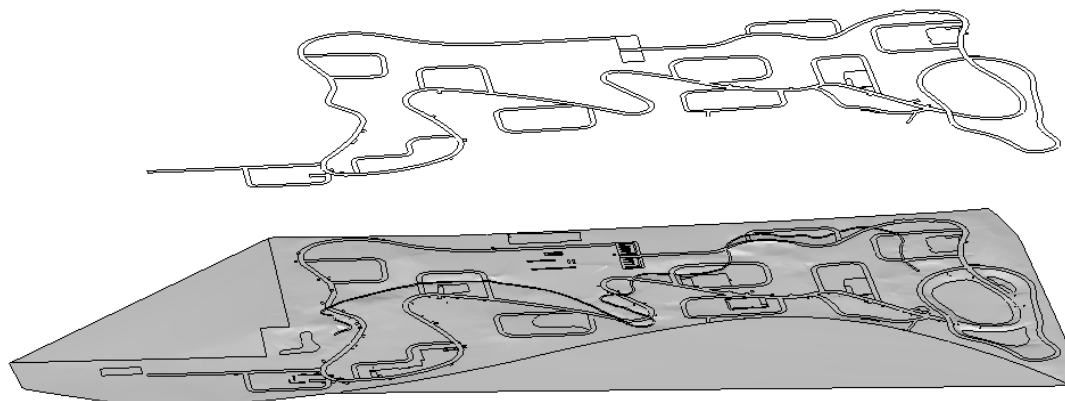


Figura 26. Fase de projecció per parts 3.



Una vegada projectades les diferents capes que interessaven sobre el model digital del terreny, faltava importar els arbres, definir els materials de superfície i modelitzar els edificis, juntament amb el mobiliari. Però en aquest cas, el procediment per preparar-ho per importar es va fer de forma diferent.

## 2. Construcció dels models digitals de l'arbrat

Per intentar plasmar al màxim les diferents regions bioclimàtiques que es poden trobar dins de l'Arborètum, es va decidir crear dos o tres models digitals dels arbres més representatius de cada regió, ja que amb la gran quantitat d'espècies diferents que hi poden trobar, era molt complicat representar-les totes. Per altre banda, el que més interessava en el projecte en qüestió, era tenir referenciats els peus de cada arbre.

Així doncs, una vegada fetes les fotografies a les 9 espècies que es va creure convenientes, aquestes es van tractar una a una mitjançant el programa Photoshop.

La forma de tractar-les consistia en, inicialment, copiar la capa actual i crear un duplicat de la capa fondo, ja que aquesta es podia tractar. En segon lloc, un cop creada, es suprimia la capa actual (diferenciada per un cadenat) i, mitjançant la funció de retallar a mà alçada, es va retallar tot el perímetre de l'arbre i, posteriorment, suprimir tota la part que no interessava. Llavors, amb la funció de la vareta màgica, es va anar marcant els espais de cel o terra que es veien entre les branques i fulles, i que tampoc interessava que es mostressin, jugant també amb la tolerància en funció de la diferència de colors i nitidesa de la foto. Així doncs, una vegada suprimits aquests espais, ja es disposava solament de l'arbre, i entre les branques, ja es podia veure a través, veien així el que hi havia al darrera. El resultat final que interessava aconseguir, era tenir l'arbre sol sense cap fons ni blanc ni color. Un cop aconseguit cada arbre, es va guardar amb format .pdd i amb format .png, donat que aquest guarda la transparència creada en Photoshop, per poder ser importat posteriorment a Sketchup.

Una vegada obert Sketchup, s'importaren els arbres un a un i seguint el següents passos, per a crear el model digital dels arbres i fer-los servir com a component en el model final de l'Arborètum.

Primer s'havia d'anar a la funció *Importar*, i es buscava on estava guardada la imatge en qüestió en format .png, acte seguit, una vegada oberta la imatge en Sketchup, calia girar-la en posició vertical. Posteriorment clicar damunt d'ella amb el botó de la dreta i marcar l'opció de *Explode* per poder descomposar la imatge.

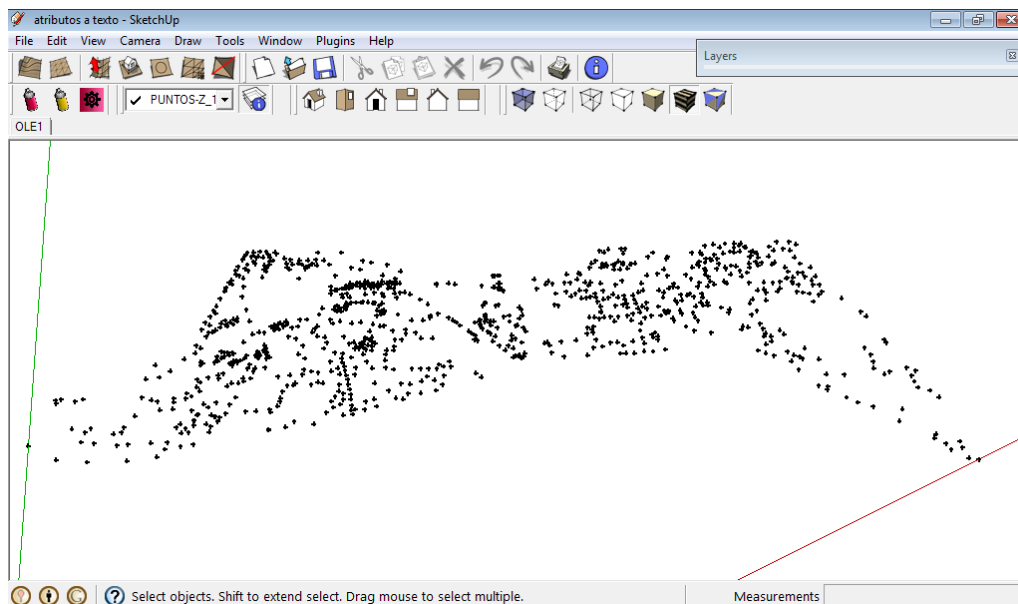
El següent pas, consistia en tornar a clicar damunt la imatge (aquesta vegada es quedava seleccionada en puntets de color blau), i clicar en *crear component*.

Al crear la imatge com a component, era necessari indicar-li que sempre seguís la càmera, aconseguint així l'efecte de 3D. Llavors, calia marcar a on es volia situar la posició dels eixos x,y,z, que en aquest cas, era al centre de la base del tronc de l'arbre.

Una vegada creat el component, fent doble clic sobre la imatge es podia editar, i amb la goma + la tecla control es van amagar les ralles del perímetre del quadrat, llavors ja sols faltava guardar la imatge en format .skp, el format propi d'Sketchup.

Posteriorment, el que calia era poder fer la importació dels arbres a cada punt exacte, i separar-los per espècies en funció de la regió, per aconseguir-ho es van seguir els següents passos.

Inicialment, importar els punts de la capa arbres del programa AutoCAD, al programa Sketchup com a "atributos de texto" (Figura 27).



**Figura 27.** Punts georeferenciats indicant la situació exacte de cada arbre dins l'Arborètum.

Llavors per poder realitzar la classificació d'espècies, es va haver de descarregar dos plugins<sup>2</sup> d'una llibreria de plugins, un que la seva funció era crear una malla entre tots els punts, i l'altre que el que feia era triar on situar cada espècie.

<sup>2</sup> *Plugin: Aplicació que es relaciona amb una altra per aportar-li una funció nova i generalment molt específica. (Veure l'enllaç per descarregar els plugins a la bibliografia).*



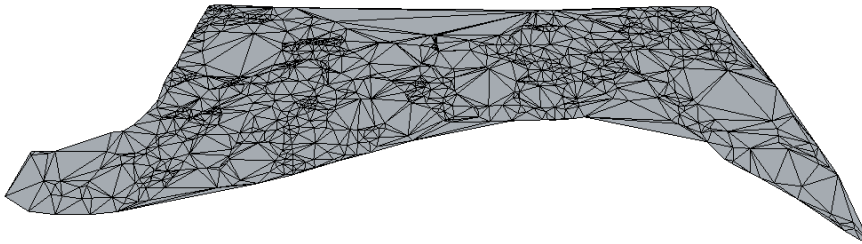


Prèviament a la importació de les espècies en el seu punt corresponent, es van haver d'importar, una a una, les diferents espècies a un punt qualsevol del dibuix i després suprimir-les, per poder aconseguir així, que el model es quedés guardat en el dibuix i posteriorment poder utilitzar-lo com a component.


Una vegada importades totes les espècies ja podíem començar a tractar els punts mitjançant els plugins.

Per tal de situar els arbres es va procedir de la forma següent:

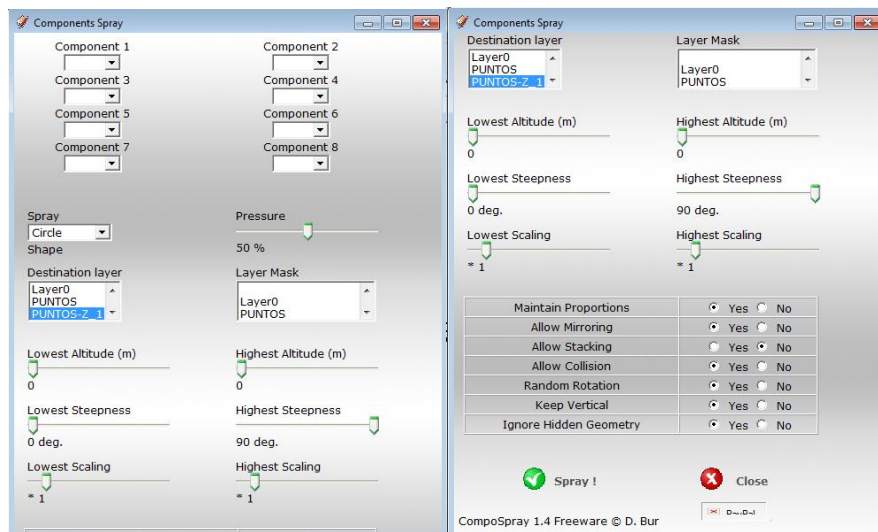
1. El primer pas consistia en que tots els punts definits com a atributs de text formessin una malla. Per aconseguir-ho, primerament es seleccionaven tots els punts, es clicava al menú *Plugins*, i dins d'aquest, al *plugin Triangulation*, situat a la part superior en la barra del menú. Aquest creava una malla de triangulació entre tots ells, per poder així tractar-los posteriorment. Aquesta malla (Figura 28) era creada en una capa nova, per poder activar-la o desactivar-la quan fos necessari.



**Figura 28.** Malla construïda a partir dels punts de cada arbre amb el plugin Triangulation.

2. El segon plugin s'anomena *Components Spray* [], amb aquesta funció, una vegada seleccionada la zona que es volia delimitar com a una regió bioclimàtica, es clicava a la icona i a dins es podia triar quines espècies d'arbres hi havia en aquella zona, la variació d'alçada desitjada i en quina capa dibuixar-ho. Com es pot veure en la Figura 29, també es poden determinar altres paràmetres dins d'aquesta funció.

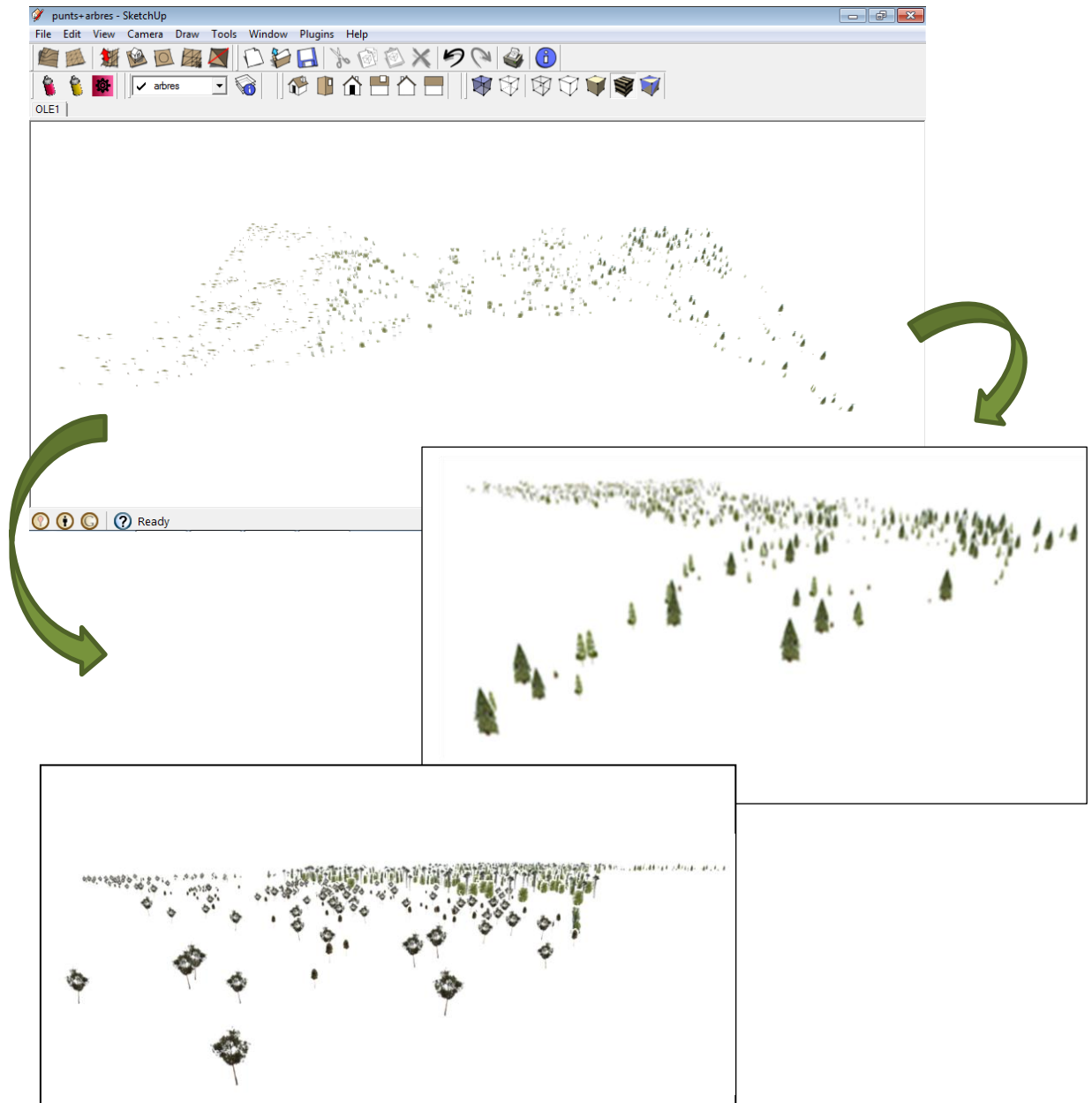
El plugin sol s'encarrega de repartir les espècies de forma irregular per la superfície indicada.



**Figura 29.** Quadre on es pot seleccionar de les espècies i paràmetres desitjats.

El resultat final, doncs, era que a cada vèrtex de la malla de triangulació (formada mitjançant els punts inicials) hi apareixia la imatge d'un arbre, variant el model i la mida de forma irregular en funció de la regió en que estigués situat.

Acte seguit, ja sols faltava desactivar la capa de punts (perquè no es veiés al peu de cada arbre el punt en qüestió) i desactivar la funció de la malla, per obtenir així solament els arbres (Figura 30).



**Figura 30.** Representació gràfica de la importació dels arbres des de diferents punts de vista.

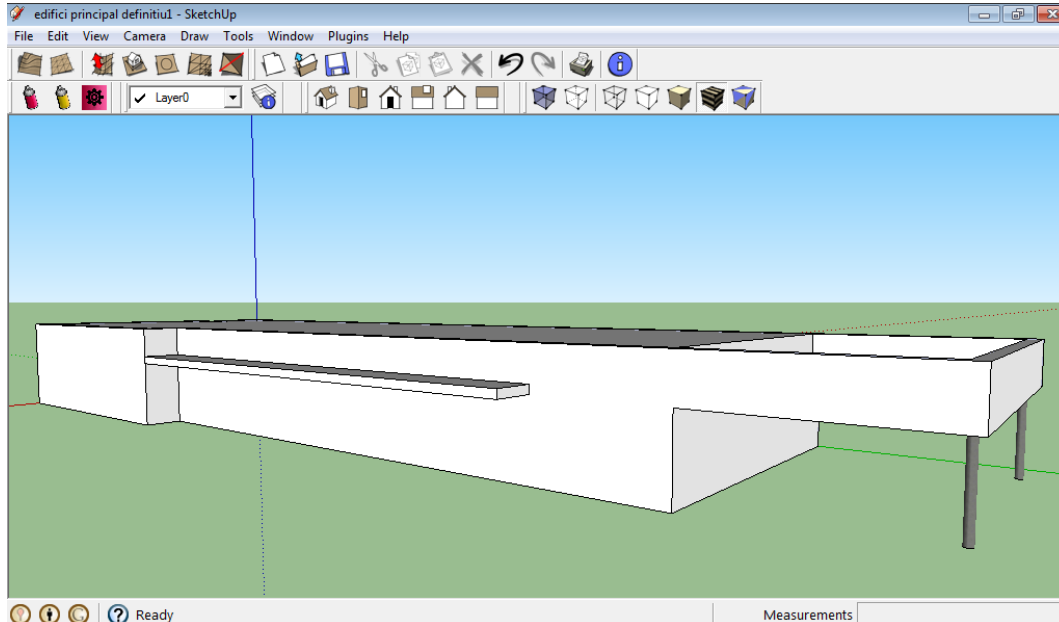
### 3. Modelat dels edificis en tres dimensions

Una vegada es va aconseguir projectar l'MDT, projectar-hi els diferents usos de la seva superfície i situar-hi els arbres, ja es podien realitzar els tres edificis que hi ha dins l'Arborètum en tres dimensions. De la mateixa manera, també es podien crear els panells indicatius de cada regió bioclimàtica, i dels diferents models de bosc que podem trobar dins d'aquesta.

Per a la realització dels edificis en tres dimensions, el primer que es necessitava saber eren les mides de cada un dels edificis. Ja que, mitjançant el dibuix en dues dimensions, ja es sabien les dimensions en els eixos  $x$  i  $y$ , o sigui que sols faltava trobar l'alçada juntament amb les dimensions de finestres, portes, teulades,... i realitzar fotografies de tots els edificis i cartells des de diferents punts de vista, per poder utilitzar-les posteriorment en el treball.

Per realitzar els edificis es va procedir de la forma següent:

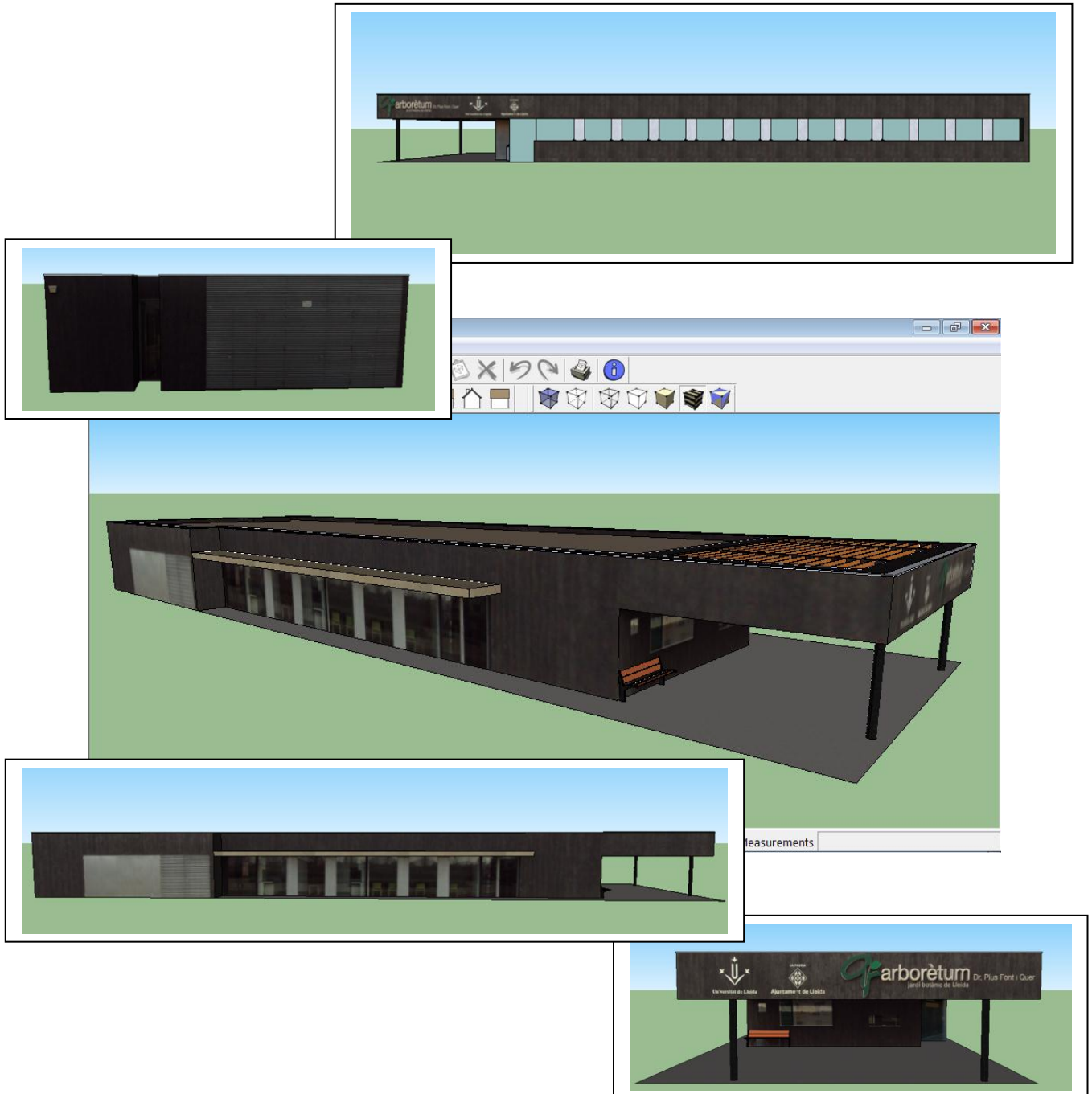
1. Un cop aconseguides les mesures exacte de tot, i mitjançant la funció de dibuixar i la de empènyer, es va construir l'edifici en relleu (Figura 31).



**Figura 31.** Imatge de l'edifici principal una vegada dibuixat en 3D sense fotografies.

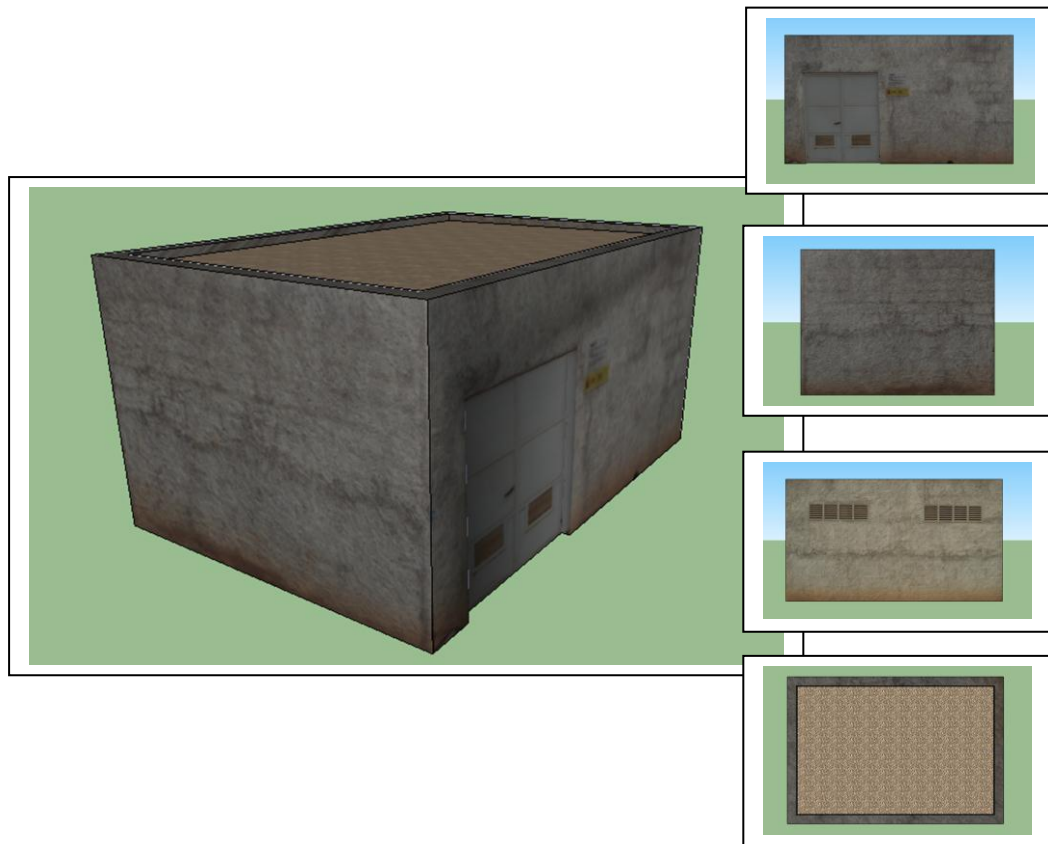
2. Llavors, es va col·locar a cada pla la fotografia corresponent. Acte seguit, clicant amb el botó de la dreta del ratolí es va seleccionar l'opció de *editar textura*, i movent les xinxetes, es va col·locar cada part de la foto en el seu corresponent lloc, per així poder aconseguir tenir l'edifici igual que el real.

A continuació, es poden veure un seguit de captures de pantalla del model de l'edifici principal amb les fotografies projectades sobre les diferents cares (Figura 32).



**Figura 32.** Diferents punts de vista de l'edifici amb imatges incloses.

Aquest fou el procediment seguit per a realitzar els diferents edificis que es troben dins del jardí botànic. Ja que a més de l'edifici principal, també hi ha dins de l'Arborètum un hivernacle, on els jardiners hi tenen diferents espècies en petits tests, i per altre banda, al costat del llac i ha un petit edifici on s'hi troben ubicades les bombes i demés maquinària necessària per el manteniment del mateix. A continuació es poden veure un seguit d'imatges d'aquests altres dos edificis realitzats (Figura 33), (Figura 34).



**Figura 33.** Edifici, sala de bombes del llac vist des de tots els costats.

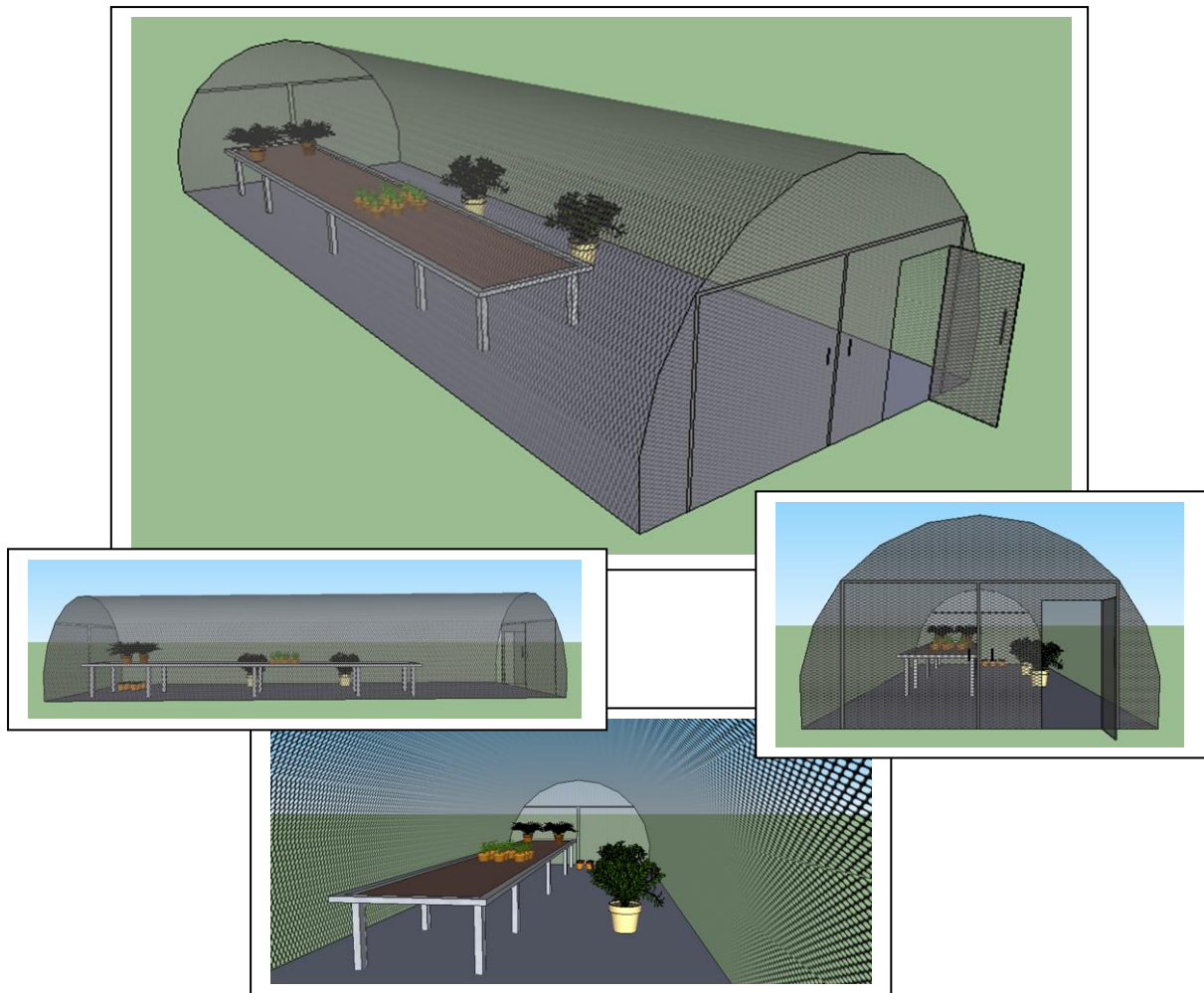


Figura 34. Captures de pantalla de l'hivernacle des de diferents punts de vista.

#### 4. Dibuix dels cartells en tres dimensions

Una vegada creats els edificis, es va procedir a crear els cartells informatius. Així doncs, i ja que hi ha dos models diferents de cartells, alhora de dibuixar-los es van separar en dos grups.

- Cartells petits:

Per la realització dels cartells petits, primer es va construir en tres dimensions el model de cartell en qüestió, del qual, prèviament, ja s'havia obtingut les seves dimensions.

Posteriorment es van fer còpies del model per cada un dels 16 cartells petits que es pot trobar, i es va anar pintant model a model mitjançant les fotografies realitzades, col·locades com a textura (Figura 35).



Figura 35. Exemple model d'un dels cartells petits.

- Cartells grans:

Per crear els cartells grans el procediment a seguir va ser una mica diferent, ja que al tenir una forma molt particular, es va crear el model a partir de la foto.

Primerament es va importar la foto del cartell i es va resseguir el seu contorn, gràcies a això es va poder crear una superfície de les mateixes característiques, acte seguit, s'esborrà la fotografia i es procedí a donar volum a la superfície.



Una vegada el model creat, es van fer quatre còpies, i ja es podien enganxar les fotos en forma de textura (Figura 36), seguint el mateix procediment que el seguit pels edificis i cartells petits.



Figura 36. Exemple model d'un dels cartells grans.

Cal dir, que en la realització dels panells, es va intentar que es pogués llegir la informació corresponent a cada zona, per així poder tenir més informació de l'àmbit en el que es troba, així com, per intentar fer més real el model en 3D.

Llavors, també esmentar, que seguint el mateix procediment es va construir també les tapes de punts d'aigua referenciats al seu moment. Es van construir mitjançant fotografia importada sobre un prisma (Figura 37).

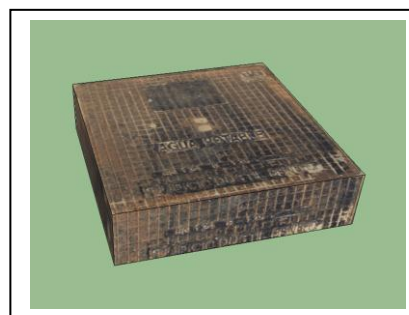


Figura 37. Exemple model de la tapa de punt d'aigua.

## 5. Modelat de les diferents superfícies del terreny i importació de les imatges




En el següent punt, s'explica com es va actuar alhora de donar textura al relleu del dibuix, juntament als camins i jardins que s'hi poden trobar.

Primer de tot, el més important era aconseguir que al adjudicar un material a una superfície determinada (com per exemple un tram de riu), només ens pintés aquella superfície i no bona part del relleu. Així doncs el que es va decidir fer, va ser anar pintant superfície a superfície, i si aquesta tenia errors, buscar on estaven i solucionar-los. En alguna ocasió, es podia tractar sols de una línia mal tancada, cosa que es podia solucionar fàcilment allargant la línia, però en d'altres ocasions el problema era més greu, ja que al pintar no hi havia cap punt obert, i el que calia era editar la malla de triangulació, per així poder esmenar la superfície.

Llavors, ja es podia començar a importar els models dels diferents components per situar-los a la seva posició corresponent. Primer de tot, es van importar els cartells petits i grans, com un sol document, tots junts en una zona pròxima a la superfície. Llavors, mitjançant els punts ja indicats en el terreny on estaven situats els cartells, es van anar col·locant cada un d'ells, intentant respectar la seva direcció real.

Una vegada situats tots els cartells a la seva posició corresponent, el pas següent consistia en importar les tapes de punts d'aigua. Per fer això, ja que aquestes estaven situades en un lloc en relleu, es va importar el prisma amb les fotos com a textura prèviament esmentat, i en funció de la profunditat i variació que pogués tenir el terreny donar-li mes o menys relleu.

Per tant, una vegada situat tot el mobiliari a lloc, calia col·locar els edificis realitzats anteriorment, dins del jardí a la seva posició corresponent.

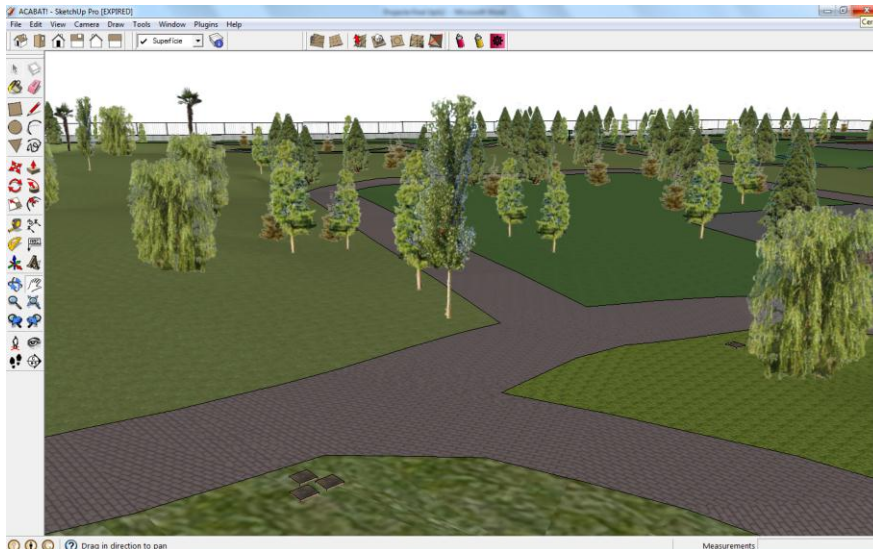
Per poder-ho aconseguir de forma satisfactòria, el que es va haver de fer és, prèviament a projectar l'edifici, transformar el perímetre on havia d'anar situat aquest, deixant-lo perfectament pla. Això era necessari, ja que es volia que l'edifici quedés recte. Per aconseguir això hi havia dues opcions, una era mitjançant la funció de la barra d'eines *Sandbox* () que el que fa és aixecar la superfície marcada per la base de l'edifici (prèviament importat i situat a certa alçada) fins que tota estigui a nivell, i llavors sols cal abaixar l'edifici. El problema era que alhora d'aixecar la superfície no ho feia de la forma correcta, ja que es movia bona part de la triangulació de la malla i no s'obtenia el resultat desitjat. Així doncs, es va optar per primerament abaixar l'edifici fins quasi tocar el terra, i llavors, crear aquestes pendents al seu voltant de forma manual, per poder aconseguir així el resultat desitjat.

Per acabar ja sols faltava importar els arbres. Per fer-ho, primer era necessari entrar al document dels arbres situats en els seus punts de Sketchup, llavors es seleccionaren



tots, es van desplaçar a una alçada superior respectant els eixos, i ja es podien importar al document de la superfície sense que es sobreposessin.

Es van copiar directament els arbres, es va obrir el document del relleu i posar l'opció de *Paste in place*, per poder aconseguir així que quedessin situats a una altura superior. Llavors sols va ser necessari posar la vista superior, i enquadrar bé els punts (arbres) dins de tota la superfície. Per acabar, posar-se en el pla vertical i abaixar-los fins a l'alçada corresponent (Figura 38).

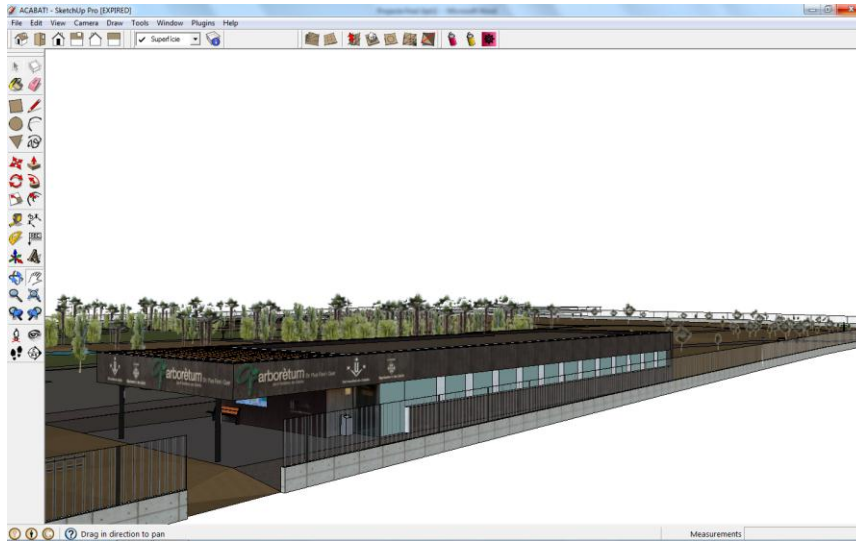


**Figura 38.** Arbres situat sobre el model digital del terreny.

## 6. Dibuix de la tanca perimetral

Per acabar, l'últim pas consistia en crear també la tanca de ferro que volta l'Arborètum, per poder delimitar així millor el terreny, i alhora per representar de forma més exacte encara el jardí que podem trobar.

Per fer la tanca, ja que el terreny de l'Arborètum no és pla, es va seleccionar tot el contorn del terreny i es va dibuixar la tanca a partir d'aquest, de tal manera que, si en un determinat punt la tanca estava situada a 1m més amunt que un altre punt, aquesta diferència de cota no es veïés, i per lo tant, tenir una tanca d'alçada uniforme en funció del terreny de la zona on es trobava situada (Figura 39).



**Figura 39.** Imatge on es pot veure la tanca que volta el jardí, situada ja al lloc definitiu.



## **5. CONCLUSIONS**

Amb la realització d'aquest treball, s'ha aconseguit crear l'aixecament topogràfic en dues i tres dimensions, de l'Arborètum Dr. Pius Font i Quer de Lleida. Així doncs, s'han assolit els objectius marcats inicialment, ja que es pot comprovar que tant la qualitat de la representació com la precisió dins el treball són bones, poden així, veure els diferents accidents topogràfics en tres dimensions, així com l'exactitud amb la que les espècies estan situades. Actualment doncs, es disposa d'una georeferenciació exhaustiva del jardí, fet rellevant si es té en compte que no es disposava de cap estudi topogràfic de l'Arborètum en l'estat actual. Per altre banda, al realitzar l'aixecament en tres dimensions, ajuda a tenir una visió virtual de tal i com és en realitat el jardí.

Mitjançant aquest treball, podem veure, des de tota l'extensió del jardí (en qualsevol angle o distància), fins a passejar virtualment dins els seus camins, ajudant així a tenir una visió més clara i entenedora de la zona. Cal valorar també, el fet de tenir-ho en tres dimensions, ja que en un futur podria ser útil, ja sigui per l'ús del propi personal de l'Arborètum, a nivell didàctic alhora de rebre visites, com per l'Ajuntament de la ciutat. Ja que a vegades alhora de mostrar una determinada cosa, una imatge val més que mil paraules, i aquesta podria ser una bona visió del jardí en qüestió, respectant al màxim la realitat.



## **6. BIBLIOGRAFIA**

### **LLIBRES**

- Dominguez Garcia-tejero, F. (1997). TOPOGRAFÍA ABREVIADA  
12ª edició. Ediciones Mundi-Prensa Libros S.A.  
Castelló, 37, 28001 Madrid  
ISBN: 84-7114-670-3
- Franco Rey, J. (1999) NOCIONES DE TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA  
2ª edició, Títol 3, Sèrie 528. Edita Universidad de Extremadura  
Cáceres  
ISBN: 84-7723-392-6
- Mc Cormac, J. (2004). TOPOGRAFÍA  
1ª edició. Editorial LIMUSA S.A. de C.V. Grupo Noriega editores  
Balderas 95, 06040 México D.F.  
ISBN: 968-18-6210-4
- Valdés Doménech, F. (1985). TOPOGRAFÍA  
2ª edició. Ediciones CEAC, S.A.  
Perú 164, 08020 Barcelona  
ISBN: 84-329-2401-6



## PÀGINES WEB

- MANUAL DE PRÁCTICAS DE TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA

Disponible a:

<http://www.unirioja.es/servicios/sp/catalogo/online/topografia.pdf>

- CURSO DE TOPOGRAFÍA

Disponible a:

<http://www.tiermes.net/Publicaciones/Cursos/topografia/apuntes%20topografia.pdf>

- RECERCA DE DEFINICIONS

Disponible a:

<http://ca.wikipedia.org/wiki/Portada>

- TUTORIALS DE SKETCHUP (Sandbox)

Disponible a:

<http://www.youtube.com/watch?v=CcbIZFn6-mQ>

<http://www.youtube.com/watch?v=PwHdSVqUCac&feature=relmfu>

<http://www.youtube.com/watch?v=Zaq0L-3VWRY&feature=relmfu>

<http://www.youtube.com/watch?v=QUV4k4tiskRQ&feature=related>

- PLUGUINS SKETCHUP (RUBY LIBRARY DEPOT)<sup>2</sup>

Disponible a:

[http://rhin.crai.archi.fr/rld/plugin\\_details.php?id=292](http://rhin.crai.archi.fr/rld/plugin_details.php?id=292)

[http://rhin.crai.archi.fr/rld/plugin\\_details.php?id=76](http://rhin.crai.archi.fr/rld/plugin_details.php?id=76)

- GALERIA DE COMPONENTS EN 3D DE GOOGLE SKETCHUP

Disponible a:

<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/?hl=es>



# 7. ANNEXES





# ANNEX 1

Característiques dels aparells i programes utilitzats