

DETERMINACIÓ DE PARÀMETRES VEGETATIUS AMB UN SISTEMA LIDAR TERRESTRE, A PARTIR DE LA GENERACIÓ DE MODELS TRIDIMENSIONALS D'ARBRES FRUITERS

**JORDI LLORENS;¹ JOAN R. ROSELL;¹ RICARDO SANZ;¹
ALEXANDRE ESCOLÀ;¹ JORDI PALACIN²**

¹ DEPARTAMENT D'ENGINYERIA AGROFORESTAL, UNIVERSITAT DE LLEIDA

² DEPARTAMENT D'INFORMÀTICA I ENGINYERIA INDUSTRIAL,
UNIVERSITAT DE LLEIDA

jllorens@eagrof.udl.cat

Resum

El treball i l'estudi amb el sensor làser LMS200 de la casa SICK ha permès l'adquisició de dades a camp de diferents plantacions de fruiters. Aquest làser terrestre es basa en la tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging*). El sensor estima la distància a la qual es troba l'objecte mesurant el temps que tarda en rebre el rebot del raig enviat. Treballant amb aquest sistema 2D, i controlant una sèrie de variables (velocitat d'escaneig, elements de referència, etc.), podem caracteritzar un cultiu arbori a partir de la generació d'un model tridimensional de l'arbre. Aquest sistema no destructiu pot ser adaptat a molts tipus de cultius arboris.

Els estudis actuals en la determinació de paràmetres vegetatius s'han centrat en la determinació del LAI (*Leaf Area Index*), dimensions de la copa, superfície de fulles i volum de vegetació. Les aplicacions del siste-

ma poden ser l'ajust de dosi en aplicacions de fitosanitaris, l'estudi de plantacions, l'estudi de l'evolució de la vegetació durant la temporada, etc.

1. Introducció

La comunicació present és el resultat dels últims cinc anys de treballs realitzats al Grup de Recerca Agricultura de Precisió, Agròtica i Agrotecnologia, reconegut per la Generalitat de Catalunya per la Resolució UNI/1022/2005 de 6 d'abril de 2005, en el si del Departament d'Enginyeria Agroforestal de la Universitat de Lleida.

Al llarg d'aquest cinc anys s'han fet treballs centrats en la determinació de paràmetres vegetatius per tal d'ajustar tractaments fitosanitaris posteriors. Aquests treballs s'han basat en la utilització de dos tipus de sensors: sensors d'ultrasons i sensor LIDAR. Els resultats amb el sensor làser són els que es presenten en aquesta comunicació.

L'eina que s'ha desenvolupat és un sistema complet equipat amb un sensor LIDAR terrestre capaç d'escanejar plantacions arbòries per tal d'obtenir un model tridimensional de l'arbre. Aquest model tridimensional permet fer mesures sobre la vegetació escanejada i obtenir-ne paràmetres (LAI, dimensions de la copa, superfície de fulles i volum de vegetació, etc.).

L'evolució del sistema complet ha de permetre obtenir en el futur una eina compacta capaç d'embarcar-se en maquinària agrícola i fer mesures de la vegetació a temps real, per a poder ajustar tractaments fitosanitaris posteriors. En futures evolucions del sistema es preveu equipar-lo amb un sensor GPS per tal de crear mapes de vegetació per a tractaments i anàlisis de les variables de la plantació.

2. Material i mètodes

En el desenvolupament d'aquesta investigació s'ha utilitzat el sensor LMS 200 (figura 1), un escàner làser LIDAR (*Light and Detection Range*) terrestre de baix cost, fabricat per l'empresa SICK. Es tracta d'un escàner làser amb un interval angular màxim d'escombrada de 180° i una resolució angular, seleccionable per l'usuari, que pot variar entre 0,25°, 0,5° i 1°. La precisió de mesura de distància és de $\pm 1,5$ cm. El sensor calcula la distància a la qual es troba l'objecte mesurant el temps que tarda a rebre l'eco del raig enviat (en anglès, *time-of-light principle*).

Aquest sensor s'ha integrat en un equip complet que permet un funcionament autònom a camp. El diagrama que defineix tots els elements que componen el sistema és el que es mostra a la figura 2.

2.1. Muntatge i connexió làser LMS 200 (programari)

El sensor làser estarà sempre connectat a una font d'alimentació fixa (24 V) i a un ordinador que emmagatzemarà totes les dades recollides. L'entrada de dades a l'ordinador portà-

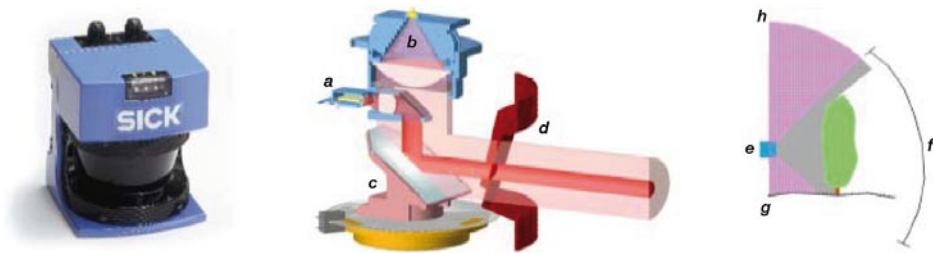


Figura 1. Sensor làser LMS 200 de la casa SICK (esquerra). Diagrama dels elements interns del sensor (centre): a) emissor, b) receptor, c) mirall rotatori, i d) visera frontal. Rang d'escaneig del sensor configurable (dreta) segons la vegetació: e) sensor LIDAR, f) rang d'escaneig configurable, g) angle d'escaneig 180°, i f: angle d'escaneig 0°.

til es realitza pel port sèrie RS-232, configurable a diferents velocitats d'entrada de dades (4,8 Kbs, 9,8 Kbs i 38,4 Kbs).

Com a plataforma de desenvolupament i control del dispositiu es va escollir MATLAB® 6.5, per la facilitat de tractament gràfic, processament numèric i connexió via port sèrie.

Al llarg d'aquest cinc anys de recerca el dispositiu de mesura ha experimentat diverses modificacions per a aconseguir l'equip actual, el qual s'utilitza per a l'adquisició de dades al camp. Aquesta evolució, la podem veure a la figura 3. Inicialment es va configurar el

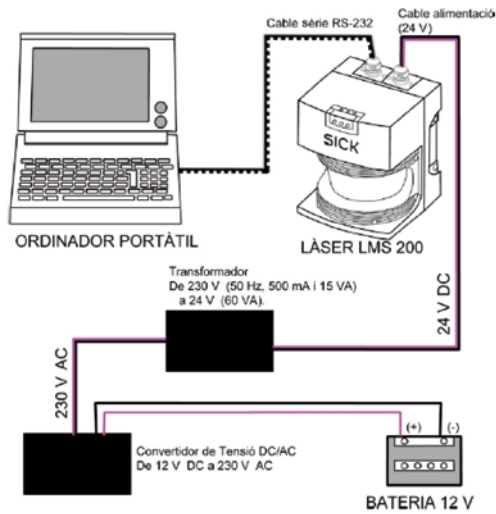


Figura 2. Components del sistema d'adquisició basat en el làser LMS 200.

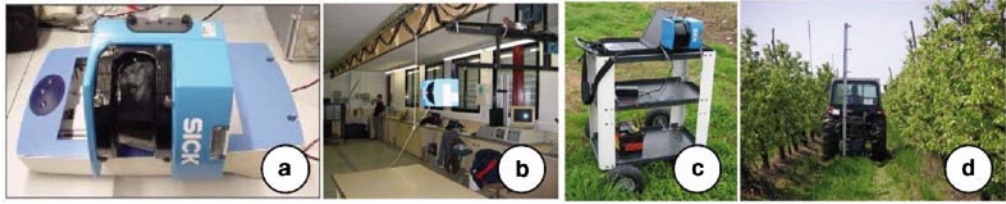


Figura 3. Evolució del sistema complet LIDAR: a) làser en escàner de sobretaula, b) làser en carril de laboratori, c) carretó de desplaçament manual, i d) muntatge en estructura metàl·lica adaptable a l'acoblament tripuntal d'un tractor.

sensor LIDAR mitjançant el muntatge en un escàner de sobretaula, que va permetre la programació del sensor i l'escaneig de petits objectes.

Davant la necessitat de fer proves reals del sistema en laboratori abans de començar a fer passades directament a camp, es va optar per muntar un sistema complet semblant al sistema que s'utilitzaria en el camp (figura 3b). A partir d'una sèrie d'escanejades a un arbre ornamental (*Ficus benjamina variegata*), abans i després de treure'n les fulles per superficiar-les. Aquestes escanejades es van realitzar en diferents configuracions per tal de poder avaluar que el sistema és capaç de veure i mesurar els objectes reals. A més a més, el muntatge de tot el sistema ens va permetre fer una posada a punt i comprovar que totes les connexions funcionaven correctament. Posteriorment es va fer un estudi previ de les escanejades per tal de comparar-les amb les dades de superfície de fulles. Aquest primer estudi va representar una primera aproximació entre els punts llegits pel làser LMS 200 i les magnituds reals de l'arbre ornamental (nombre de fulles, superfície, mides de l'arbre i de l'estructura que el contenia, etc.).

Un cop comprovat el sistema a laboratori es va procedir a fer les primeres proves a camp amb el carretó (figura 3c), un sistema més autònom i mòbil. Posteriorment aquest sistema es va muntar en una plataforma acoblada al tripuntal del tractor (figura 3d), i es van fer mesures en parcel·les de plantacions arbòries reals (fruiters, cítrics i vinya). El dispositiu permet transportar l'escàner làser LMS 200, amb la possibilitat de modificar-ne l'altura respecte al terra. Les passades s'han fet abans i després de treure les fulles de determinats arbres, per tal de poder-ne mesurar la superfície foliar i determinar paràmetres vegetatius. Aquestes mesures reals es podran relacionar posteriorment amb les dades obtingudes amb el sensor.

En les lectures sobre la vegetació a camp es va realitzar l'escaneig de la plantació per les dues bandes de la filera d'arbres; aquest escaneig, mitjançant uns elements de referència, portes de referència, va permetre ajustos en el model tridimensional de l'arbre generat a partir de la visió de les dues bandes. Aquest encavalcament d'informació es fa mitjançant un postprocés, al laboratori, dels núvols de punts obtinguts en l'escaneig.

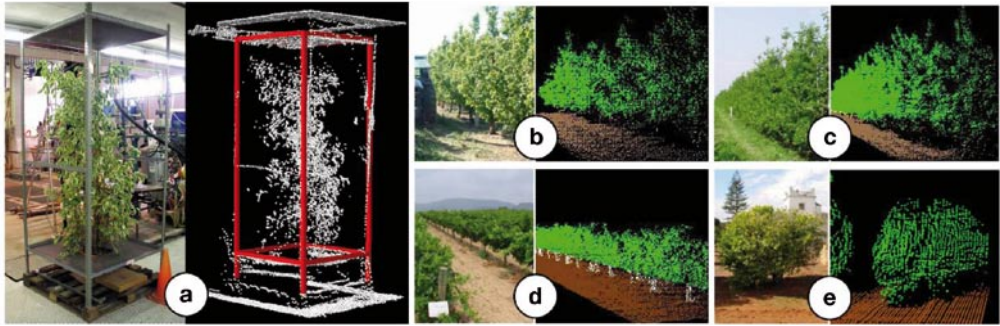


Figura 4. Models tridimensionals dels arbres escanejats. a) arbre ornamental escanejat a laboratori, b) model tridimensional d'una fila de pereres, c) model tridimensional d'una fila de pomeres, d) model tridimensional d'una fila d'una plantació de vinya, i e) model tridimensional d'una fila d'una plantació de cítrics.

3. Resultats i discussió

Alguns dels models tridimensionals dels arbres escanejats són els que es mostren a continuació. En primer lloc hi podem veure el model tridimensional de l'arbre ornamental escanejat al laboratori, i la resta de models tridimensionals corresponen a plantacions reals (poma, pera, vinya i cítrics).

Alguns dels càlculs numèrics que s'han realitzat per tal de determinar paràmetres vegetatius a partir de la informació que comprèn el núvol de punts generat pel sensor LIDAR, són els següents:

- *Anàlisi polar*, utilitzant la metodologia proposada per Walklate *et al.* (2002).
- *Anàlisi cartesiana*, tot calculant un volum mitjançant programació en Autocad®.
- *Anàlisi d'ombres dels impactes*, a partir de la generació de l'ombra de cada un dels impactes respecte al centre de la fila, que es relaciona amb la superfície foliar (Palacin *et al.*, 2006).

Utilitzant la informació obtinguda per les dues bandes de la zona escanejada obtenim el volum del núvol de punts generada pel sensor LIDAR. A partir d'aquest núvol de punts és possible calcular-ne un volum (*anàlisi cartesiana*), el qual relacionem amb la superfície foliar obtinguda per defoliació manual dels arbres. Aquesta defoliació no és global, sinó que es fa en diferents sectors de dimensions conegudes. En la figura següent (figura 5), tenim relacionats la superfície foliar de cada sector amb el volum LIDAR calculat. La informació que hi apareix correspon als sectors de set pomeres (*golden*) defoliades en edats diferents i en estadis vegetatius diferents. Tot i l'heterogeneïtat dels arbres, obtenim una bona correlació entre volum LIDAR i superfície foliar ($R^2 = 0,814$).

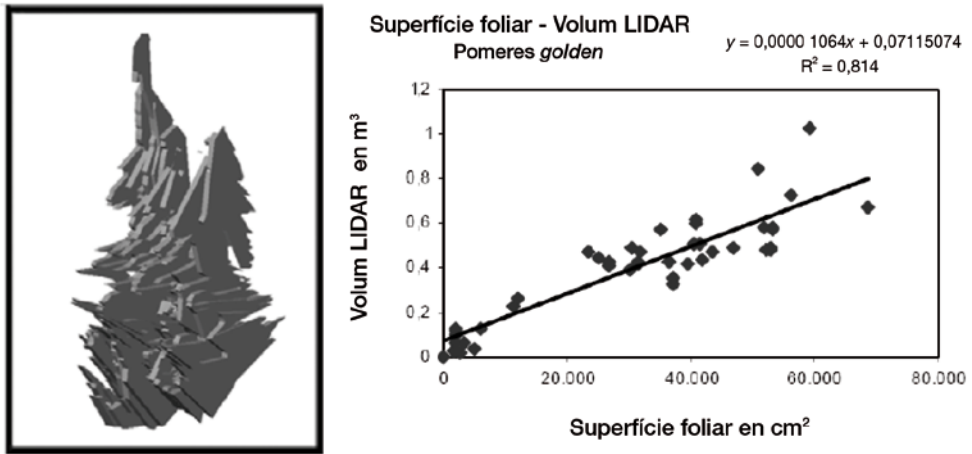


Figura 5. Volum obtingut a partir del núvol de punts general pel sensor LIDAR utilitzant la programació amb Autocad® (esquerra). Correlació entre volum LIDAR i superfície foliar (dreta).

4. Agraïments

Aquesta recerca ha estat finançada pel projecte concedit per la CICYT (Comissió Inter ministerial de Ciència i Tecnologia), sota el codi d'identificació AGL2002-04260-C04-02.

Bibliografia

LMS 200/211/220/221/291, Laser Measurement Systems: Technical Description. Sick AG. Germany.

PALACIN, J.; SALSE, J. A.; SANZ, R.; RIBES-DASI, M.; MASIP, J.; ARNÓ, J.; LLORENS, J.; VALLÈS J. M.; ESCOLÀ, A.; MASSANA, P.; CAMP, F.; SOLANELLES, F.; ROSELL, J. R. (2006), «Real-Time Tree Foliage Estimation Using a Ground Laser Scanner». A: *IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, Sorrento, Itàlia, p. 1227-1232.

SANZ, R.; PALACIN, J.; SISÓ, J. M.; RIBES, M.; MASIP, J.; ARNÓ, J.; LLORENS, J.; VALLÈS, J. M.; ROSELL, J. R. (2004), «Advances in the measurement of structural characteristics of plants with a

LIDAR scanner. Leuven (Belgium)». A: *Book of Abstracts of the AgEng 2004 Conference*, Paper n. 277, p. 400-401.

WALKLATE, P. J.; CROSS, J. V.; RICHARDSON, G. M.; MURRAY, R. A.; BAKER, D. E. (2002), «Comparison of different spray volume deposition models using LIDAR measurements of apple orchards», *Biosystems Engineering*, núm. 82 (3), p. 253-267.

WEI, J.; SALYANI, M. (2004), «Development of a laser scanner for measuring tree canopy characteristics: Phase I. Prototype development», *Transactions of the ASAE*, núm. 47 (6), p. 2101-2107.