

Medidas de cargas sobre camiones a través de escaneo láser Estudio en terreno en la planta de celulosa Arauco Nueva Aldea

Mats Nylinder¹, Tonny Kubénka², Mikael Hultnäs¹

¹Universidad de Cs. Agrícola de Suecia, Uppsala, Suecia; ²Sociedad de Medición de Madera Qbera, Falun, Suecia.

Introducción

En la industria de la celulosa en Suecia, la madera como materia prima representa 50% del costo total de producción y cerca del 70% en la industria de la madera aserrable. Considerando que es una gran proporción de los costos totales, son destinados relativamente pocos recursos al desarrollo de nuevos sistemas de medición de cantidad y calidad de la madera recepcionada. Hoy en Suecia la mayor parte de la madera pulpable se mide cuando llega a planta.

Los camiones llegan al lugar de medición donde cada banco o estiva es medido manualmente con una regla métrica, obteniendo así altura, longitud y ancho. El contenido del volumen sólido sin corteza es estimado visualmente. La madera también se califica en relación a la especie, dimensión, podredumbre, rechazo, etc. Para comprobar y controlar continuamente estas mediciones, son tomadas muestras para una medición manual tronco por tronco y determinando su volumen sólido sin corteza. En algunos métodos, estas muestras son también usadas para ajustar la medición original. Para la medición de estas muestras, una nueva técnica automática está en desarrollo (Anon 2008/2)

En muchos países, la madera pulpable es cuantificada por peso verde o seco. El problema con este método es la variación en su contenido de humedad y la técnica de determinación del contenido de humedad sigue siendo muy costosa y lenta. Varias investigaciones se han realizado con respecto a posibilidades de cambiar el sistema actual de medición de volumen de madera pulpable, con la posibilidad de remplazar por el peso y determinando el contenido de humedad, (Ej.: Björklund, L., 1988; Thygesen, L., 1996; y Hultnäs, M., 2008).

En Escandinavia, el crecimiento del bosque, el volumen en pie, y el costo de cosecha están relacionados al volumen y no al peso. Pese a que el sistema de peso se use, hay una necesidad importante de medir el volumen. Esto significa que hay un gran interés de desarrollar sistemas de bajo costo y mayor eficiencia para medir volumen. La medición de volumen conjuntamente con peso es probablemente el sistema más completo, pues entrega información de densidad y de cuan fresca llega la madera.

En Chile, Brasil y otros países en Sudamérica, sistemas de escáner automáticos para determinar el volumen de madera sobre camiones se han estado usando por varios años. Este sistema se basa escaneo laser y avanzados algoritmos

matemáticos para el cálculo del volumen. Uno de los desarrolladores de tales sistemas es Woodtech de Chile, con el sistema Logmeter 4000. Este sistema también se utiliza para determinar el volumen de astillas y carbón (Anon 2008/1). La medición láser de trozas individuales se utiliza en muchos aserraderos y es una técnica ampliamente conocida. (Björklund, L., 2003, Edlund, J., 2004). El escaneo laser de camiones completos para la medición del volumen de madera se realiza en algunas partes de Suecia y Finlandia, pero no es una técnica tan establecida como en Sudamérica (Anon 2006/2, Huttenen, T., 2006, Marjomaa, J. & Sairanen, P. 1996, Moilanen, P., 2003, Nylinder, M., 1992). El propósito de este estudio es comparar la medición manual de madera pulpable usada en Suecia con la medición láser de camiones con el objetivo de desarrollar una manera más eficiente de medir la madera para las condiciones escandinavas.

Métodos y materiales

Este estudio fue realizado en Noviembre del 2008, en la planta de Arauco en Nueva Aldea, región del Bio-Bio en Chile. Trozas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) pulpable fueron clasificados en tres categorías: grande, mediano y pequeño. El objetivo fue obtener al menos un banco de trozas para cada categoría. Las trozas fueron manualmente descortezadas. Cada troza de cada categoría fue medida manualmente con una forcípula y una regla para obtener sus diámetros y largos. El diámetro mayor fue medido 10 cm por sobre el corte inferior, luego fue medido el diámetro en la mitad de la troza y finalmente, el diámetro inferior fue medido 10 cm debajo del corte superior. El largo fue registrado para cada troza. Para las trozas de fuste basal más anchos, los diámetros fueron medidos 50 cm desde el corte inferior. Todas las trozas fueron numeradas para facilitar identificación por si alguno de ellos hubiera sido mal registrado. Luego de estas mediciones, 26 trozas fueron seleccionadas para cada categoría y medidas nuevamente para determinar precisión y repetibilidad en la medición manual.

Los diámetros fueron registrados en cm para cada categoría y aproximándolos al entero menor. Por ejemplo, si un diámetro registrado de un tronco es 10.6 cm, este es finalmente registrado con 10 cm en el protocolo. Para el cálculo del volumen, medio cm es agregado al valor registrado. El largo fue registrado en dm aproximándolos al entero menor. Para el cálculo del volumen, 5 cm fueron agregados al volumen registrado.

El volumen de trozas fue calculado en de dos maneras:

A: Diámetro medio (modelo de Huber), basado en diámetro medio y largo.

La siguiente formula fue aplicada:

$$Va = \frac{1}{100000} \times \pi \times \left(\frac{Dm^2}{4} \right) \times L \quad (1)$$

Va=Volumen en m³

Dm= Diámetro medio en cm

L= Largo en dm

B: Diámetro superior e inferior. Basado en diámetros inferiores y superiores. El calculo del volumen esta basado en un modelo desarrollado para madera sueca, principalmente pino scots (*Pinus silvestris*) y picea noruego (*Picea abies*) pero también “birch” y otras maderas nobles (Anon 2000).

La siguiente formula fue aplicada:

$$Va = 100000 \times \left(\frac{\pi}{4} \right) \times L \times \left(\alpha \times (Db)^2 + (1-\alpha) \times (Dt)^2 \right) \quad (2)$$

Va = Volumen en m³

Dt = Diámetro inferior en cm

Db = Diámetro superior en cm

L = Largo de la troza en dm

α = Constante (Ver tabla 1)

Tabla 1. Constante α

Diámetro Superior (cm)	Largo (cm)		
	-349	350-449	450+
-14	0.485	0.485	0.485
15-24	0.465	0.4600.455	

Las trozas fueron cargadas ordenadamente en un camión. Luego de haber cargado un banco en camión y otro en acoplado, el volumen estereo y el volumen sólido fueron estimados manualmente. Luego de la medición manual, el camión transitó hacia el Logmeter (Ver figura 1) donde fue medido por el sistema láser (Anon 2008/1). Luego los bancos fueron reordenados o intercambiados con otro banco y medido nuevamente de la misma manera descrita.



Figura 1. Logmeter 4000 de Woodtech. Los láseres están señalados con círculos amarillos.

La medición manual de los bancos fue realizada de acuerdo con el método desarrollado para madera pulpable sueca y bajo condiciones secas. En este método, el volumen estereo de los bancos fue medido por un experto mientras era pesado a la misma altura del banco.

Para calcular el volumen sólido, un valor estándar para una especie específica de madera es usado y luego ajustado por una estimación de su diámetro, calidad de estiba, curvatura, integridad, contenido de corteza y conicidad.

La medición de camiones con madera pulpable fue realizada capturando la periferia de la carga por sus tres lados (laterales y superior) con el sistema de láseres Logmeter 4000. El camión es conducido a través del portal a una velocidad baja y constante para capturar la mejor calidad de datos posibles. Usando esta información generada, Woodtech ha desarrollado algoritmos para estimar largo, diámetro, volumen estereo y sólido. Debido a los camiones en Sudamérica no tienen grúas incorporadas, algoritmos para estos casos no han sido completamente desarrollados. En consecuencia, la influencia de la grúa fue manualmente ajustada antes que los datos obtenidos del láser fueran presentados.

Woodtech, quien desarrolló el sistema, describe el sistema de la siguiente manera: “Logmeter 4000 es el sistema más avanzados de captura láser disponible para la medición de cargas de madera. El proceso de medición es simple y automático, con una intervención humana menor al 5% de los casos. El proceso de captura toma menos de un minuto, lo que permite a más de 600 camiones ser medidos por día. El sistema puede medir diferente configuraciones,

incluyendo trozas de largo fijo y variable y fijo, fuste completo, astilla y residuos forestales.

Capturas

A medida que el camión ingresa al área de medición, láseres de alta precisión lo capturan generando cientos de perfiles transversales de la carga y crea un representación 3-D con mas de 1 millón de mediciones individuales.

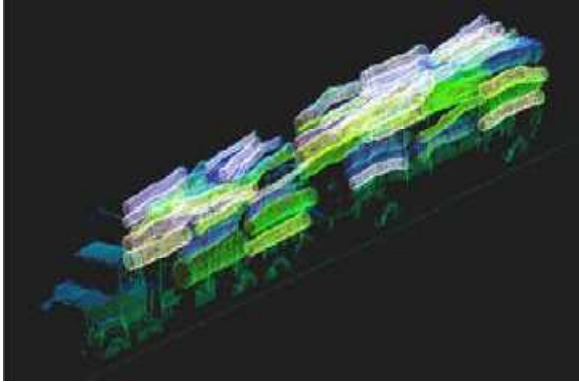


Figura 2. Principio 3D, interface de identificación de trozas.

Segmentación

Usando algoritmos de procesamiento de imagen, los límites de la carga son identificados, y elementos no deseados como ruedas, plataformas, soportes son eliminados.

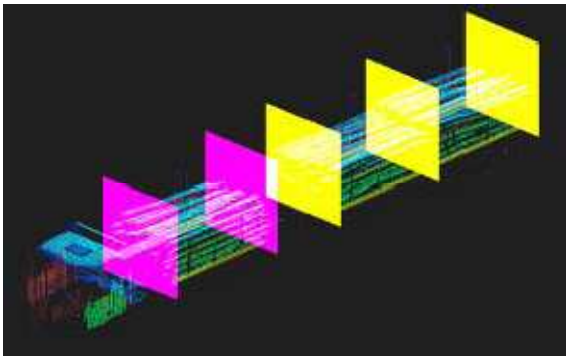


Figura 3. Principio de segmentación automática de la carga.

Diámetros

Luego, cada perfil de la carga es analizada, determinando el mejor diámetro a calzar de cada troza periférica. Esto es replicado a través de toda la carga, identificando todas las trozas exteriores.

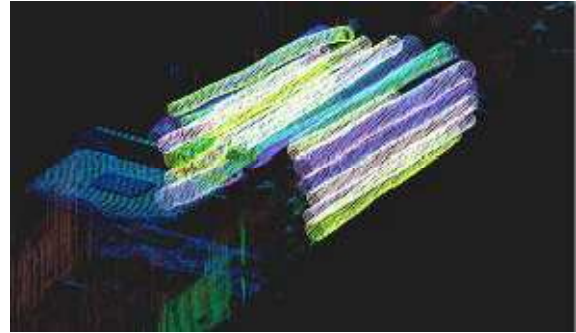


Figura 4. Principio de identificación automática de las trozas de la periferia.

Biométrica

Con cada troza de prefería modelada en el espacio, el sistema calcula la información biométrica de las trozas, incluyendo diámetros, largos, conicidad y curvatura.

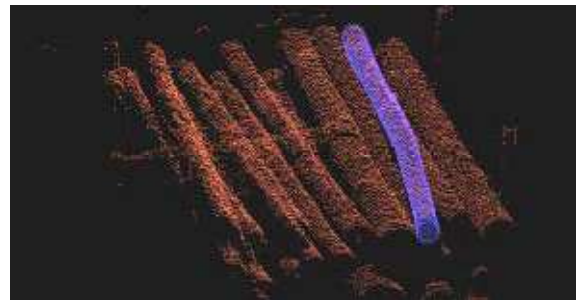


Figura 5. Principio de individualización de las trozas de la periferia e identificación de las características biométricas.

Volumen sólido

En el paso final del proceso, el volumen sólido se calcula usando los modelos matemáticos que están calibrados para cada sitio específico en donde está instalado un Logmeter.

Banco	N° de mediciones de trozas en acoplado	N° de bancos medidos en camión	Numero de bancos
Azul, dimensión menor	132	1	3
Verde, dimensión intermedia	118	3	3
Rojo, dimension mayor	102	3	1



Tabla 2. El numero de mediciones y datos de los bancos seleccionados.

El modelo determina la relación entre los parámetros calculados para la periferia de la carga y el volumen total. El modelo puede ser fácilmente actualizado en el tiempo, asegurando así la precisión.

Los resultados generados incluyen el volumen, diámetros, y largo para cada banco de madera. Todos los resultados e imágenes se almacenan en el sistema administrativo de la planta. El sistema permite que los camiones sean primero escaneados y luego calculados en tiempos diferentes. Esto es útil para reducir exceso de tráfico en las líneas de medición e incluso automatizar la operación. Además, el Logmeter incluye una poderosa base de datos permitiendo así que los datos obtenidos sean revisados después en el tiempo, permitiendo re medir una carga posteriormente. Esto maximiza la transparencia y la trazabilidad del proceso de medición. Los resultados pueden ser también compartidos a través de Internet con distribuidores, gerencia y gobierno. (Anon, 2008/1)

La última parte del estudio consistió en un análisis de repetibilidad de las mediciones láser. El camión y acoplado fueron conducidos diez veces a través del Logmeter sin reordenar la estiba.

Para el análisis de los resultados, fueron utilizadas fórmulas como promedio y desviación estándar. La correlación entre dos variables refleja el grado con el cual las variables se relacionan. En este paper hemos utilizado la Correlación Producto-Momento de Pearson (Yamane, T., 1969).

Resultados

Las características de los trozas de acuerdo con la medición manual palo a palo es descrita en la tabla 3. Después la medición original, 26 trozas de cada banco fue medida aleatoriamente una vez más. El resultado fue comparado con la medición inicial.

Tabla 3. Descripción de las trozas y los bancos.

Variable	Banco		
	Azul	Verde	Rojo
Numero de Trozas	132	118	102
Cantidad de TFBA¹ (%)	17	29	44
Diámetro Medio (cm)			
Promedio	9.2	13.2	16.5
Desv. Estd.	2.4	2.1	2.4
Largo (dm)			
Promedio	56.1	57.3	57.0
Desv. Estd.	8.5	8.1	7.9
Conicidad, (mm/m)			
Promedio	5.5	5.2	4.8
Desv. Estd	1.99	1.95	2.07
Volumen "diam med." (m³)			
Promedio	0.045	0.080	0.133
Desv. Estd	0.024	0.029	0.041
Total	5.877	9.484	13.587
Volumen, " diam superior/inferior." (m³)			
Promedio	0.046	0.083	0.138
Desv. Estd	0.024	0.032	0.043

La tabla 4 muestra la diferencia entre la medición de control y las mediciones iniciales, y la desviación estándar de las diferencias.

Tabla 4. Resultados de mediciones manuales de control de 26 trozas por banco.

Métodos para medición	Bancos		
	Azul	Verde	Rojo
volumen			
Volumen medio, (m³)	1.2832	2.1714	3.4682
Promedio de dif. (m ³)	-0.0027	0.0011	-0.0007
Promedio dif. (%)	0.21	0.05	0.02
Desv. Estd para dif. (m ³)	0.0055	0.0047	0.0057
Vol. superior/inferior, (m³)	1.3118	2.2572	3.6583
Promedio de dif. (m ³)	-0.0005	-0.0009	-0.0014
Promedio dif. (%)	0.04	0.05	0.04

De cuatro bancos azules, tres fueron apilados en el camión y uno fue apilado en el acoplado. Tres de los bancos verdes fueron apilados en el camión y los otros fueron apilados en el acoplado. Uno de los bancos rojos fue apilado en el camión y tres fueron apilados en el acoplado. La estimación del diámetro y el largo esta dado en la tabla 5 y la estimación del volumen sólido en la tabla 6.

¹ Trozas de fuste basal ancho.

La correlación entre los 2 métodos es:
 Diámetros laser/diámetros palo a palo $r^2 = 96.9\%$, $P = 0.000$,
 $F = 374$

Largos laser/ largos Palo a palo $r^2 = 35.2\%$, $P = 0.025$, $F = 6$

Tabla 5. Registro de diámetros y largos a través de mediciones láser y palo a palo.

Categoría	Acoplado/ Camión	Nº Carga	Diam. Láser (cm)	Diam. Palo a palo (cm)	Largo, Láser (dm)	Largo, Palo a Palo (dm)
Azul	Trailer	1	11.3	9.2	54.8	56.1
	Truck	1	10.9	9.2	56.1	56.1
	Truck	2	10.4	9.2	54.1	56.1
	Truck	3	10.8	9.2	51.1	56.1
	Promedio		10.9	9.2	54.0	56.1
Desv. Estd		0.32		2.12		
Verde	Trailer	1	13.4	13.2	58.4	57.3
	Trailer	2	13.5	13.2	57.9	57.3
	Trailer	3	13.1	13.2	57.4	57.3
	Truck	1	14.2	13.2	56.6	57.3
	Truck	2	13.5	13.2	53.4	57.3
	Truck	3	13.5	13.2	57.3	57.3
	Promedio		13.5	13.2	56.8	57.3
Desv. Estd		0.37		1.79		
Rojo	Trailer	1	16.5	16.5	58.4	57.0
	Trailer	2	17.0	16.5	58.7	57.0
	Trailer	3	16.6	16.5	58.6	57.0
	Truck	1	16.8	16.5	55.7	57.0
	Mean		16.7	16.5	57.9	57.0
Desv. Estd		0.22		1.44		

Tabla 6. Determinación de volumen sólido para los bancos con métodos manuales y láser

Categoría	Acoplado/ Camión	Nº Carga	Laser (m ³)	Palo a palo (m ³)	Manual, Estéreo estim. (m ³)	Dif. Laser, Palo a Palo (%)	Diff. Laser Manual (%)
Azul	Trailer	1	6.05	6.09	5.66	-0.7	6.4
	Truck	1	6.10	6.09	6.33	0.2	-3.8
	Truck	2	6.20	6.09	6.63	1.8	-6.9
	Truck	3	6.02	6.09	6.17	-1.0	-2.5
	Promedio		6.09		6.18	0.1	-1.7
Desv. Estd		0.08		0.41	1.3	5.7	
Verde	Trailer	1	9.75	9.85	9.33	-1.0	4.3
	Trailer	2	9.43	9.85	9.66	-4.4	-2.4
	Trailer	3	9.50	9.85	9.86	-3.7	-3.7
	Truck	1	9.99	9.85	9.98	1.4	0.1
	Truck	2	9.75	9.85	10.80	-1.0	-10.8
	Truck	3	9.95	9.85	10.42	1.0	-4.7
	Promedio		9.73		10.01	-1.3	-2.9
Desv. Estd		0.22		0.53	2.4	5.0	
Rojo	Trailer	1	13.08	14.05	13.57	-7.4	-3.7
	Trailer	2	14.03	14.05	14.62	-0.1	-4.2
	Trailer	3	13.30	14.05	14.04	-5.6	-5.6
	Truck	1	13.59	14.05	14.31	-3.4	-5.3
	Promedio		13.50		14.14	-4.2	-4.7
Desv. Estd.		0.40		0.45	3.1	1.0	

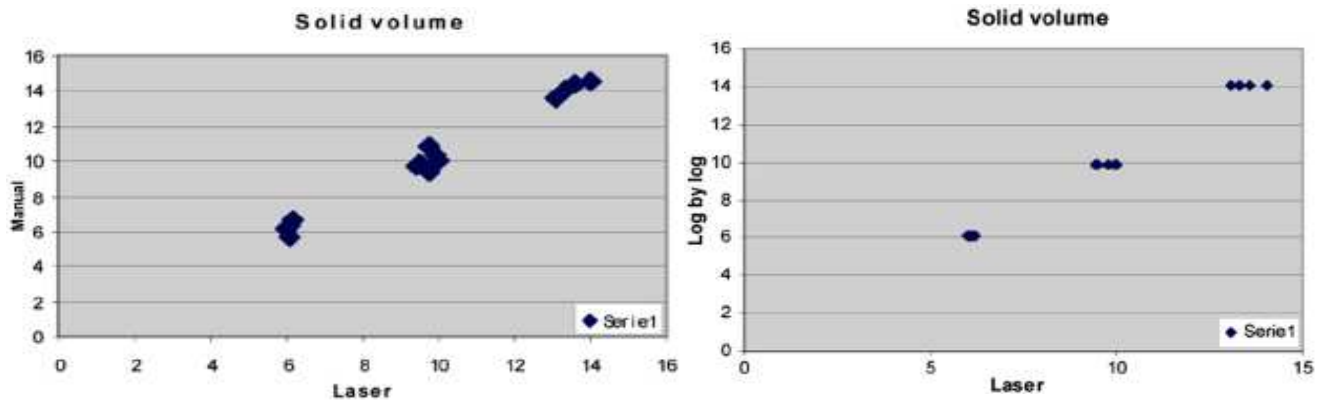


Figura 7. Relación entre la medición del volumen solido manual y el sistema laser escáner (izquierda) y entre el volumen solido tronco por tronco y el sistema laser escáner.

Tabla 7. Determinación de Volumen estéreo con método manual y láser

Categoría	Acoplado/ Camión	N° Carga	Laser (m ³)	Manual (m ³)	Dif. Laser-Manual (%)
Azul	Trailer	1	11.12	10.89	2.0
	Truck	1	11.78	11.94	-1.4
	Truck	2	11.48	13.82	-20.4
	Truck	3	12.56	12.35	1.7
	Promedio		11.74	12.25	-4.5
Desv. Estd		0.61	1.05	10.6	
Verde	Trailer	1	17.04	15.55	8.7
	Trailer	2	16.62	16.95	-2.0
	Trailer	3	17.83	16.99	4.7
	Truck	1	16.92	16.63	1.7
	Truck	2	18.78	19.64	-4.6
	Truck	3	18.52	18.28	1.3
	Promedio		17.62	17.34	1.7
Desv. Estd		0.90	1.43	4.7	
Rojo	Trailer	1	22.13	20.87	5.7
	Trailer	2	24.87	23.97	3.6
	Trailer	3	22.6	21.94	2.9
	Truck	1	21.42	22.35	-4.3
	Promedio		22.76	22.28	2.0
Desv. Estd		1.49	1.29	4.3	

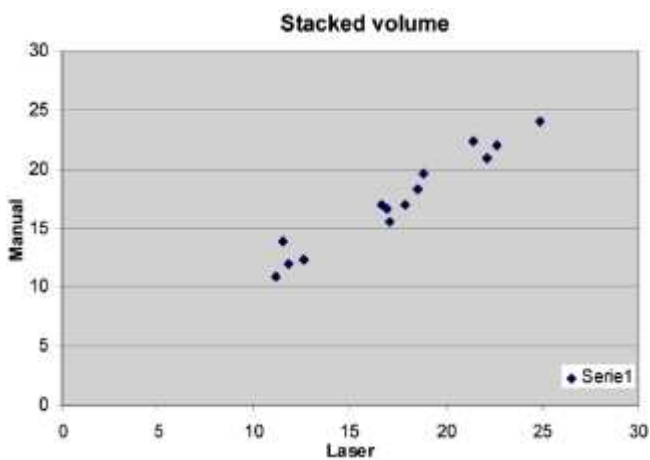


Figura 8. Relación entre la medición del volumen estéreo manual y el sistema laser escáner.

Las correlaciones entre las mediciones láser y manual son:

Volumen sólido, láser/manual $r^2 = 98.7\%$, $P = 0.000$,
 $F = 926$

Volumen sólido, láser/ palo a palo $r^2 = 99.2\%$, $P = 0.000$,
 $F = 1553$

Volumen Estéreo, láser/manual $r^2 = 95.1\%$, $P = 0.000$,
 $F = 232$

Una medida del apilamiento de los bancos es el porcentaje de volumen sólido, el volumen solido en relación al volumen estéreo, en tabla 8.

Tabla 8. Estimación del volumen sólido en porcentajes.

	Azul	Verde	Rojo
N° de Registros	4	6	4
Media láser (%)	52	55	59
Desv. Estd. (m ³)	3.0	2.8	2.9
Media, manual (%)	51	58	64
Desv. Estd	2.2	1.9	1.7

Al final del estudio los camiones y sus acoplados fueron escaneados diez veces a través con el sistema láser sin modificar la estiba entre cada medida.

Tabla 9. Resultados de 10 mediciones independientes de bancos azules y rojos sin modificar la estiba.

Estadísticas	Diam. (cm)	Largo (dm)	Estereo vol. (m ³)	Sólido vol. (m ³)
Banco Azul, Acoplado				
Promedio	11.6	55.6	11.24	6.1
Desv. Estd.	0.31	1.38	0.30	0.14
Banco Rojo, Camión				
Promedio	16.6	56.8	21.7	13.7
Desv. Estd.	0.29	0.56	0.21	0.21

Discusión

El sistema de medición palo a palo permite calcular el “verdadero” volumen sin incluir anillos o secciones donde se incrementa desde el corte inferior hasta el corte superior. Algunas trozas de fuste basal ancho fueron cortadas debido a que las irregularidades debido a las caídas. Varias trozas fueron cortadas porque presentaban quiebres y la medición de los diámetros fue hecha de una manera en que estos defectos fueran descartados y no afectarían.

La forma de calcular el volumen con el método corte superior/inferior (top/butt) se basa en formulas desarrolladas para condiciones suecas y no para eucaliptos. El descortezado de las trozas no fue 100% perfecta comparada al descortezado del pino y la picea en Suecia, la corteza del eucalipto tiene fibras de corteza en el sentido longitudinal lo que hace probablemente más difícil para medir con precisión ignorando la corteza que ha quedado. Los quiebres y rajaduras, corteza y cortes por caídas generarían errores, sin duda, tanto en la medición manual como en el sistema laser escáner.

El diámetro medio aritmético para las categorías de menor tamaño que fue registrado en las mediciones manuales con un valor de 9.6 cm, lo que es menor al diámetro promedio de Picea pulpable en Suecia, el cual es de 11-12 cm. El diámetro de maderas coníferas y abedul pulpable en Suecia es alrededor de 13 cm (Statistics, VMF Qbera). Esto significa que la categoría media de este estudio, la verde, tiene el mismo diámetro promedio que la madera pulpable sueca. La medición manual de largos registró alrededor de 57 dm, los cuales comparados a un largo aleatorio de madera pulpable en Suecia, es por lo menos 10 dm más larga. La conicidad medida fue de 5 a 6 mm/m. La



Figura 9. Ejemplos de quiebres



Figura 10. Ejemplos de rajaduras



Figura 11. Ejemplos de cortes por caída



Figura 12. Trozas antes de ser cargadas en el camión y acoplado

conicidad de pinos y piceas de madera pulpable en Suecia es normalmente un poco mayor.

Los dos métodos manuales para calcular el volumen de las trozas logran casi el mismo valor y las mediciones de control indican que la medición manual tronco por tronco posee una buena repetibilidad. Sin embargo, se debe mencionar que la repetibilidad de las mediciones fue hecha por las mismas personas y que mediciones realizadas por diferentes personas probablemente hubieran producidos distintos resultados.

Otro factor que puede influir en la medición palo a palo son las condiciones climáticas. Además las trozas son en sí mismas un factor de alteración, tomando en cuenta que es más fácil obtener una medición manual correcta y estable en trozas de grandes dimensiones, debidamente descortezadas y del mismo largo, en comparación con pequeñas trozas torcidas y rajadas.

La estimación del diámetro de una troza con el sistema de medición láser fue de 10.9 cm para la categoría azul, comparado con la medición manual, la cual dio un resultado de 9.2 cm. Para la categoría verde, los valores correspondientes fueron 13.5 para la medición láser y 13.2 para la medición manual, y para la categoría roja, 16.7 cm y 16.5 cm respectivamente. Para las categorías mediana y grande, el diámetro es casi el mismo para los dos métodos. Para la categoría menor, la diferencia es alrededor de un 10%. La correlación entre los dos métodos es de $r^2 = 97\%$, es sin embargo alta y la relación es significativa lo cual indica que existe un gran potencial de calibración. Un resultado exacto en diámetros es generalmente menos importante, normalmente, son valores duros los que pueden ser más interesantes por un tema de valor de la madera y su clasificación en Escandinavia.

El largo de las trozas medido por la regla fue de 56.1 dm para la categoría azul; 57.3 dm para la verde, y 57.0 dm para la roja. Los correspondientes resultados obtenidos por el láser fueron 54.0 dm para los azules; 56.8 dm para los verdes, y 57.9 dm para los rojos. La diferencia es de 1 a 2 dm. La correlación entre la medición manual y láser de largos no es alta ($r^2 = 35\%$) como con los diámetros pero puede ser calibrada y al igual que con los diámetros la necesidad de una medición exacta es normalmente menos interesante.

Debido a que existen diferentes definiciones y métodos de medir, agregando que las trozas no son perfectas, no podemos confirmar cual es el diámetro, largo y volumen correctos. En la tabla 7 se muestran el volumen sólido estimado para los bancos en camión y acoplado. La medición láser da entre un 0 y 4% menos volumen que las mediciones de volumen palo a palo. Comparado con la estimación manual el láser da un 1.5% menos volumen para la categoría más pequeña, 3% y 5% respectivamente menos volumen para la categoría verde y azul. La correlación, $r^2 = 99\%$, entre los dos métodos es muy buena y significativa, la cual indica un potencial de calibración entre los métodos. La correlación entre las mediciones láser y las mediciones palo a palo es también significativa y alta con un $r^2 = 99\%$.

Las mediciones láser para las dimensiones pequeñas, dan resultados menores de volumen estereo comparado con la estimación manual en alrededor 5%. Para las categorías verdes y rojas, las medidas láser dan un volumen mayor en un 2%. No obstante, un registro tiene una diferencia de un 20% lo cual es difícil de explicar, sin embargo, podría ser un error en la toma de muestras. La correlación entre los dos métodos es muy alta $r^2 = 95\%$, pero no tan significativa como el volumen sólido.

Cuando se revisa la precisión y exactitud, estas deben ser en relación a volumen estereo de los bancos. Un volumen mayor, como la de los bancos rojos (22 m^3), significa que una proporción menor de trozas del banco son escaneados directamente en comparación al caso de la categoría azul (12 m^3).

Las diez medidas de la categoría de menor dimensión indican un buen índice de repetibilidad del método de medición láser. Esto ha sido el lado fuerte de los métodos de medición mecánicos y automáticos comparados a las mediciones manuales. Como la medición láser tiene un alto índice de repetibilidad, este tendría, por lo tanto, un alto potencial de ser ajustado a diferentes métodos usados por diferentes plantas y estándares existentes en diferentes países. La captura es muy rápida (< 1 minuto por camión) y el cálculo del volumen, ambos sólido y estereo, pueden ser racionalizados en comparación con métodos manuales. Un sistema eficiente en la primera etapa de la medición hace posible colocar más recursos en el muestreo de bancos para el control y los ajustes de ser necesario.

Uno puede además, si es necesario, colocar más recursos en la medición del grado de podredumbre, defectos y corteza si el volumen puede ser medido eficientemente. Combinando la medición láser con el pesaje, lo cual debería ser simple, crearía un sistema el cual daría también indicaciones de densidad y cuanto verde ingresa la madera.

Para las condiciones suecas es también importante el desarrollo de un sistema que permita múltiples entregas de datos considerando la influencia de la nieve y el hielo durante el invierno. Como en Suecia, las mediciones de volumen son estimadas sin corteza, un sistema basado en láser deberá combinarse con un algún tipo de estimación de contenido de corteza. La corteza podría ser considerada en formas similares a las utilizadas por las mediciones automáticas de trozas individuales a través de láser para muestreo de madera pulpable en Suecia. En este sistema, dimensiones y la cantidad de bases anchas y estimaciones visuales son usadas como medidas de conversión de volumen con corteza a sin corteza. (Björklund, L. 2004). Los camiones en Suecia, normalmente utilizan grúas por lo que se hace importante el desarrollo de una solución automática que descarte la influencia de la garra sobre el banco de medición.

Comparado con las mediciones manuales, las mediciones automáticas láser tienen un potencial por ser muy estables,

con un alto índice de repetibilidad además de ser calibrables a diferentes estándares. Los métodos manuales están siempre relacionados con individuos por lo será más difícil obtener los mismos resultados por medidor/operador, para todas las condiciones de medición y plantas.

paper international edition, Japan.

Bibliografía

- Anon 2000. Kompendium i virkesmätning. Virkesmätningsrådet, SDC, Sundsvall.
- Anon 2006/1. Measuring rules for pulpwood. Recommended by The Swedish Timber Measurement Council Swedish Timber Measurement Council VMR 1-06 Measuring rules for of pulpwood.
- Anon 2006/2. Protokoll från Jord- skogsbruksministeriets förordning om rambildsmätning av virke med lasersaknning. Förordning Nr 66/06. Helsinki.
- Anon 2007. Arauco, Annual report 2007, Arauco, Santiago, Chile.
- Anon 2008/1. Woodtech measurement solutions, Information material www.woodtechms.com, Santiago, Chile.
- Anon 2008/2. MAS, Mobil automatisk stickprovsmätning, produktblad. www.vmfqbera.se, VMF Qbera, Falun.
- Björklund, L.1988. Vägning av massaved med torrhaltsbestämning. Rapport nr 198. Institutionen för virkeslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Björklund, L., 2003. Utvecklingsidéer för svensk virkesmätning. VMR virkesmätning och redovisning.SDC, Sundsvall.
- Björklund, L. 2004. Bark på massaved – en studie över barkhalten i travar med massaved. VM virkesmätning och redovisning, Uppsala.
- Edlund, J. 2004. Methods for Automatic Grading of Saw Logs. Doctoral Thesis , Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Hultnäs, M., 2008. Methods for the determination of the dry matter content of roundwood deliveries. 2008.
- Huttunen, T., 2006. Abstract, Measuring of Bast Wood with Modus 2000 låser Meter, Kymenlaakso Polytechnik, Bachelor thesis.
- Kubénka, T., 2008. Table for estimation of solid volume percentage of a stack.
- Marjomaa, J. & Sairanen, P. 1996. AVM-1000 Frame image measurement station. Metsäteho review 3/1996. Helsinki.
- Moilanen, P., 2003. Abstract, Measuring the volume of timber on a timber truck with the Modus 200 låser measurement system. University of Joensuu. Pro graduated - Thesis.
- Nylinder, M., 1992. Föredrag om ny teknik och nya metoder inom virkesmätning. Sundsvalls virkesmätningsförening, Sundsvall.
- Thygesen, L., 1996. Near Infrared Spectroscopy and Pulse Nuclear Magnetic Resonance for Assessment of Dry Matter Content and Basic Density of Pulp Wood. The Royal Veterinary and agricultural University, Department of Economics and Natural Resources Unit of Forestry. Copenhagen.
- Yamane, T., 1969. Statistics, an introductory analysis: A