

Sistema De Pesaje Dinámico En Una Máquina Cosechadora De Té Para La Determinación De Su Rendimiento.

Maggiolo O. Federico ^{a*}, Tarnowski G. Alejandro ^b, Kolodziej Javier E. ^c

^a LABSE, FI-UNaM, Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina

^b LABSE, FI-UNaM, Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina

^c GID-IE, FI-UNaM, Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: maggiolofederico@gmail.com , gabriel.tarnowski@gmail.com.ar , javierkolodziej@gmail.com

Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo la determinación del rendimiento de una máquina cosechadora de té mediante un sistema de pesaje dinámico utilizando 2 celdas de carga. El rendimiento fue calculado relacionando la cantidad de té cosechado por metro lineal recorrido de la máquina. Las celdas fueron ubicadas estratégicamente en puntos donde se apoya el cajón recolector en el chasis. Primeramente, se realizaron ensayos de calibración de las celdas cargando pesos conocidos en el cajón recolector. Una vez realizada la calibración se efectuaron ensayos en campo los que incluían desde 4 líneas a 2 líneas cosechados de té para poder determinar la carga en los diferentes recorridos y observar la variación de las lecturas de las celdas. Luego de analizar los resultados se pudo determinar que la máquina en el ensayo donde la cosecha fue de 4 líneas se obtuvo el mayor rendimiento, de 0.89kg/m con una lectura de carga cosechada de 881 ± 30 kg. Además se concluye que la máquina cosechadora, en la configuración utilizada durante los ensayos presenta su mayor rendimiento cuando su velocidad de marcha es de 0,95 km/h.

Palabras Clave – Cajón recolector de té, Calibración de celdas de carga, Celdas de Carga, Cosechadora de té, Cosecha de té, Ensayos en campo, Rendimiento, Máquina Cosechadora, Mediciones, Sistema de pesaje dinámico, Té

1. Introducción

Las plantaciones de té en nuestra región deben contar con una estructura productiva homogénea, anexándose además de la tecnología disponible, buenas prácticas agrícolas y de manufactura, moderna mecanización, y un proceso industrial adecuado que acompañe el nuevo estándar.

Las buenas prácticas agrícolas y de manufactura deben ser el instrumento que utilicen todos los productores e industriales del sector tealero. Para ello es necesario contar con capacitaciones que permitan poner a disposición toda la información y el conocimiento al servicio del productor, remarcando la importancia económica que revisten las prácticas culturales. La moderna mecanización incluye la utilización de máquinas cosechadoras con instrumental hidráulico de última generación y adaptado a los nuevos cultivares y diseño de plantación, ya que esto impacta considerablemente en los márgenes de utilidad por eficiencia y productividad [1].

Se busca obtener máquinas más robustas con el menor peso posible, que desarrollen sus funciones de la manera más eficiente disminuyendo el daño de las plantaciones, por este motivo después de varios estudios se fueron realizando modificaciones en las máquinas cosechadoras de té de la zona ya sea desde materiales hasta cambios en la estructura [2]-

* Maggiolo O. Federico

La industria tealera ejerce constantemente controles de producción, determinar la cantidad de té cosechado utilizando máquinas cosechadoras, forman parte de este control. Un sistema de pesaje que registre el peso del té cosechado a lo largo de un día o en diferentes regiones de la zona es necesario para dar precisión del rendimiento de la cosecha [3].

2. Desarrollo

Para las mediciones de carga se utilizó un prototipo de una maquina cosechadora de té autopropulsada con transmisión hidrostática, con almacenamiento a granel y sistema de descarga, la que se realiza directamente sobre un camión para su traslado hasta la planta de procesamiento contribuyendo a la inocuidad del proceso de cosecha [2].

El sistema de pesaje dinámico diseñado e implementado está constituido por dos celdas de cargas, ubicadas por debajo del cajón recolector, estos son sensores que emiten una señal eléctrica ante las variaciones de peso. La señal se acondiciona y transmite hacia un adquisidor electrónico, el cual permite visualizar en una computadora por medio de un software específico la lectura del peso del té a lo largo de los ensayos.

Este sistema se encarga de darnos un panorama real del peso de té recolectado y mediante cálculos obtener el rendimiento de las máquinas según las características del clima y suelo. Permitiendo realizar un estudio que ayudará a los operarios como así también a los fabricantes a identificar posibles mejoras en la máquina cosechadora.

Las actividades prácticas a llevarse a cabo para lograr los objetivos fueron:

- Relevamiento de la máquina cosechadora
- Selección de los sensores para medición de la carga.
- Diseño de los soportes para las celdas de carga.
- Instalación y mediciones de campo.

2.1. Relevamiento de la máquina cosechadora

Primeramente se realizó un relevamiento de las dimensiones de los soportes, chasis y cajón recolector con el objetivo de buscar la mejor ubicación de las celdas de carga utilizadas en el sistema de pesaje, ver Fig. 1.

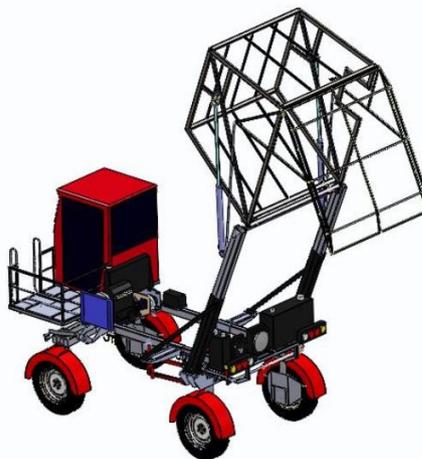


Fig. 1. Prototipo utilizado para la implementación del sistema de pesaje

2.2. Selección de los sensores para medición del peso

En un principio, las básculas mecánicas de palanca fueron usadas principalmente para medir fuerza. Hoy en día, las celdas de carga basadas en galgas extensiométricas son las más comunes porque no requieren la cantidad de calibración y mantenimiento que necesitan las básculas [5].

Para la selección de las celdas de carga utilizadas se tuvieron en cuenta los siguientes factores: Tipo de medida de esfuerzo (estática, dinámica), materiales, precisión requerida, factores climáticos. Las características nos llevan a seleccionar Celdas tipo S. Esta celda es similar a la de tipo viga, con la excepción de su diseño. Debido a esta diferencia en diseño (la forma de S característica de la celda de carga), el sensor es efectivo para alto rechazo de carga lateral y para medir el peso de una carga que no está centrada. Este diseño de celda de carga de bajo costo también es simple [4]. En la Fig. 2 se puede observar la celda seleccionada para este proyecto.

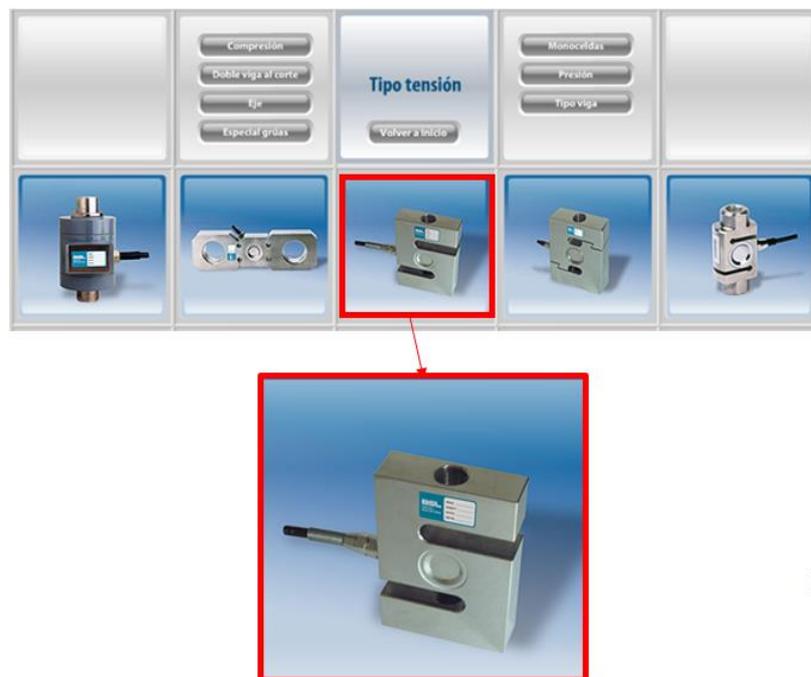


Fig. 2. Selección de la celda MTS-1 de 5000 kg utilizada en el ensayo

2.3. Diseño de soportes para las celdas de carga

Las celdas fueron montadas en soportes fabricados de hierro donde en la parte superior de los mismos se soldaron tornillos que sirvieron de unión a las celdas y la estructura, las bases fueron ubicadas en dos caños estructurales pertenecientes al chasis que sirven de apoyo a las barras encargadas de resistir los mayores esfuerzos del cajón recolector a la hora de realizar la descarga como puede observarse en la Fig. 3.

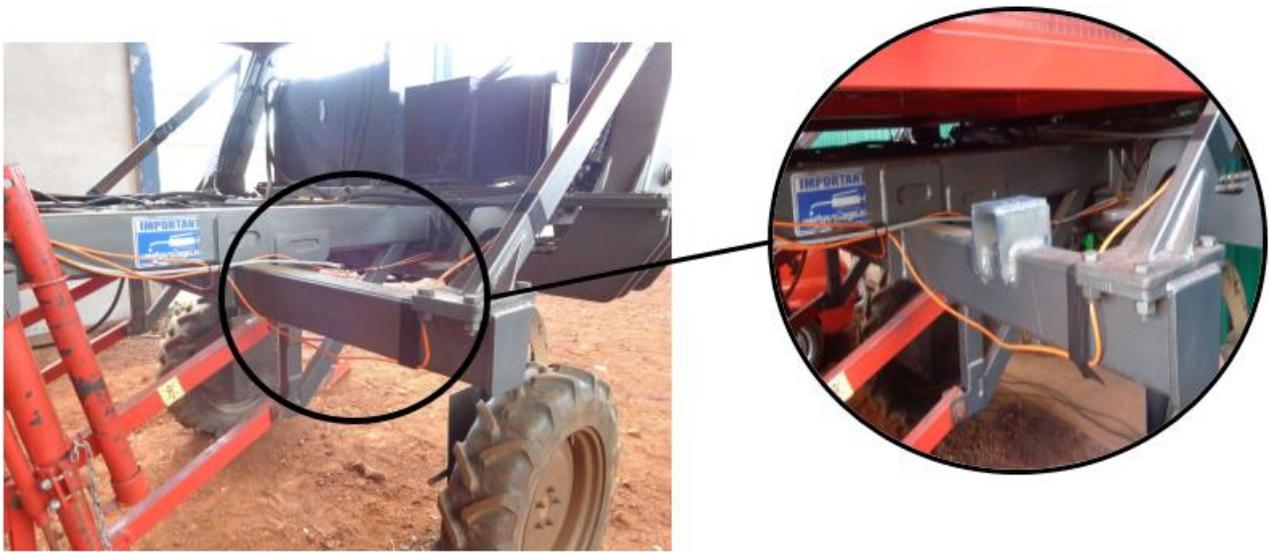


Fig. 3. Ubicación y preparación de las bases para las celdas de carga

2.4. Adquisidor

Las celdas de carga están conformadas por un puente completo de Strain Gages y ésta característica nos llevó a seleccionar el MX840A, que es un amplificador universal de 8 canales marca Quantum X, de HBM, y tienen un formato compacto, flexibilidad, prestaciones metrológicas y sencillez de manejo, Fig. 4. Para poder observar los resultados se utilizó el software para técnica de medición catman®AP de HBM que gracias a las posibilidades de visualización nos permitió preparar gráficos a medida que se realizaba la carga del té en el cajón recolector [6].



MX840A

Universal amplifier

Special features

- 8 individually configurable inputs (electrically isolated)
- Connection of more than 15 transducers technologies
- Data rate: up to 19,200 Hz
- 24-bit A/D converter per channel for synchronous, parallel measurements
- Active low pass filter
- TEDS support
- CANbus Input/Output
- Supply voltage for active transducers (DC): 5 V ... 24 V
- External synchronization IIRIG-B
- Ultra-rugged version available

Fig. 4. Adquisidor seleccionado para los ensayos

2.5. Instalación de Celdas de carga

Las actividades se realizaron en las instalaciones de la Metalúrgica Lory de la ciudad de Oberá Misiones y para poder llevar a cabo esta actividad se elaboró un plan de ensayos, que incluye la lista de tareas enunciadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Lista de tareas

Tarea	Parámetros a medir	Requisito
Instalación de celdas	Fuerza	Máquina Parada
Calibración	Fuerza	Maquina Parada/Funcionando
Ensayo en campo	Fuerza	Máquina Funcionando

Una vez que tenemos los soportes preparados se montaron las celdas en los lugares establecidos al inicio y se colocaron en la parte superior de éstas tornillos donde se producía el contacto con el cajón, como se observa en la Fig. 5. Luego se configuró el adquisidor de datos y el software destinados para el relevamiento donde se utilizaron dos canales y a cada uno de estos se les asignó un circuito de puente completo, Fig. 6.



Fig. 5. Montaje de la celda de carga en la estructura del chasis de la máquina



Fig. 6. Adquisidor con las fichas conectadas

2.6. Calibración de las celdas de carga

El objetivo de esta calibración, con la máquina cosechadora en reposo, fue verificar como actúan las celdas con una carga de peso conocido en el cajón recolector y obtener los errores que se cometerían al momento de realizar el ensayo en la cosecha.

La carga conocida, consistió en grupos de discos de hierro de 30kg, el peso de estos grupos se corroboró utilizando una celda de carga de 5000 kg montada a un puente grúa, perteneciente a las instalaciones de la Metalúrgica Lory.

En cada ensayo se recolectaron los datos con el software como se aprecia en la Fig. 7, a medida que iban siendo depositados los discos sobre el cajón recolector y se verificaron los errores con los datos teóricos, para ambas celdas de carga, Tabla 2. Los errores se encuentran en $\pm 30\text{kg}$ los cuales serán afectados al valor de carga total adquirido en la cosecha.



Fig. 7. Verificación de la carga para los 12 discos ubicados dentro del cajón recolector

Tabla 2 Obtención de los errores en el sistema de pesaje

N° de Ensayo	Discos utilizados (30kg c/u)	Celda de Carga N°1 G3055212- 5000kg			Celda de Carga N°2 G3055168- 5000kg			Celda N°1 + Celda N°2		Error (kg)	
		Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Diferencia Celda N°1 (kg)	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Diferencia Celda N°2 (kg)	Peso Práctico total (kg)	Peso teórico total (kg)		
1	4	132	190	58	135	215	80	138	120	-18	
2	8	190	217	85	215	270	135	220	240	20	
3	12	217	284	152	270	315	180	332	360	28	
								Suma total	690	720	30

2.7. Mediciones en campo

Para la adquisición de los datos identificamos las distintas condiciones de operaciones de la máquina, funcionamiento en condiciones normales, de arranque, y solicitudes pico, así como también otros tipos de eventualidades que pueden surgir durante la operación del equipo. Se utilizaron varios equipos para obtener la mayor cantidad de registros digitales como ser, gps, cámaras digitales, go pro, que fueron ubicados en diferentes lugares de la maquina cosechadora, y

ademas se contó con la utilizacion de un Drone cuya perspectiva aérea permitió tener una mejor vista del desempeño de la máquina, Fig. 8.



Fig. 8. Equipos utilizados en la medición

2.8. Carga Cosechada

Se realizó la adquisición durante la cosecha de aproximadamente 10 líneas dividido en 4 ensayos, Fig. 9, y se observaron, en el software de adquisición, como variaban las lecturas de las celdas en los diferentes recorridos. Las señales obtenidas para cada una de las celdas de carga fueron muy similares en todos los ensayos, desde el inicio del recorrido hasta el final de la cosecha, por lo que la ubicación de las mismas resulto de manera satisfactoria. Fig. 10.

Una vez compilados los datos en esta operación, se procedió a la organización y procesamiento de los mismos, según los requerimientos, presentados en la Tabla 3, teniendo en cuenta que al valor total de cada celda se le restó el peso del cajón recolector sin carga y se agregó el error obtenido en la Tabla 2. La máxima carga obtenida resultante de la suma de las dos celdas de cargas fue de 881 kg al momento de recorrer 4 líneas.



Fig. 9. Imágenes de la maquina en la operación de cosecha del té

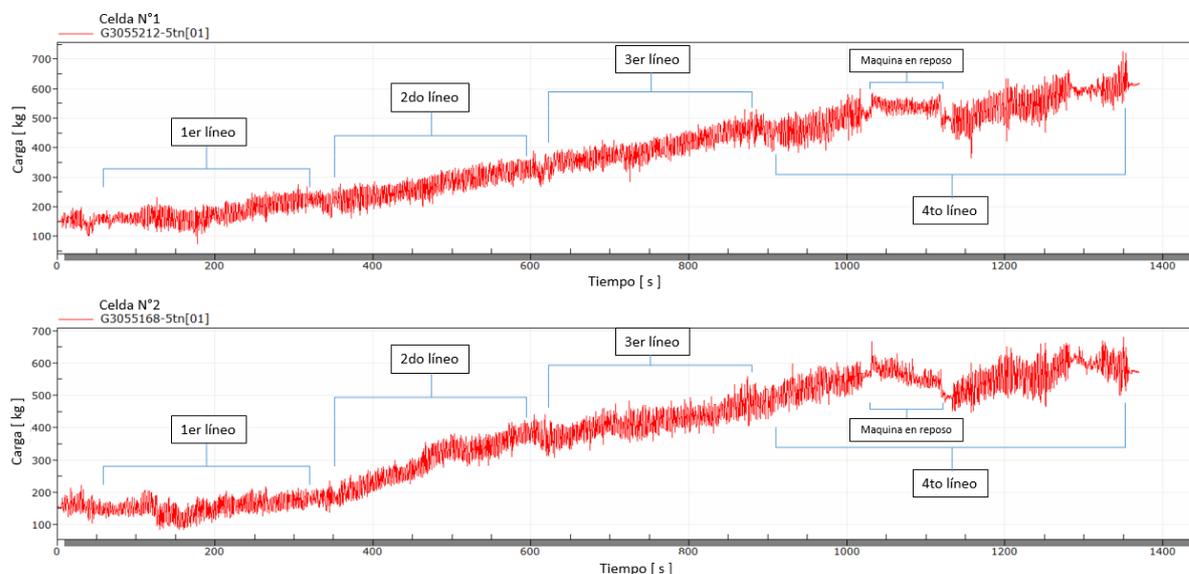


Fig. 10. Variación del pesaje a medida que se realiza la cosecha del té

Tabla 3. Valores de carga cosechada obtenidos en los diferentes ensayos

N° de Ensayo	Recorrido de Cosecha	Celda de Carga G3055212- 5000kg			Celda de Carga G3055168- 5000kg			Carga Cosechada total (kg)
		Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Diferencia (kg)	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Diferencia (kg)	
1	4 líneas	151	616	465	154	570	416	881±30
2	2 líneas	239	370	131	2	192	190	321±30
3	2 líneas	162	339	177	146	250	104	281±30
4	1,5 líneas	138	263	125	128	169	41	166±30

2.9. Rendimiento de la Cosechadora

Teniendo en cuenta los valores de la carga cosechada de té, se procede a calcular el rendimiento de la máquina en cada ensayo relacionando este valor con el tiempo de recorrido. En la Tabla 4 se presentan los resultados para cada etapa de adquisición, describiendo el rendimiento de cada uno de estos, observando que el mejor se obtuvo al realizar el mayor recorrido de manera continua de 1060 m con el mayor tiempo utilizado de 280 s.

Tabla 4. Calculo del rendimiento de la maquina cosechadora para cada ensayo

N° de Ensayo	Cosecha	Recorrido total (m)	Velocidad maquina (km/h)	Tiempo recorrido por línea (s)	Tiempo recorrido total (s)	Cosecha total (kg)	Rendimiento (kg/m)	Rendimiento (kg/s)
1	4 líneas	1060	0,95	280	1120	881	0,83	0,79
2	2 líneas	530	1,29	205	410	321	0,61	0,78
3	2 líneas	530	1,20	220	440	281	0,53	0,64
4	1,5 líneas	397,5	1,28	210	310	166	0,42	0,54

3. Conclusiones y Discusiones

Luego de realizar los ensayos se pudo determinar que el mejor rendimiento de la máquina cosechadora se obtiene a la velocidad de 0,95 km/h y es de 0,83kg/m. Este valor de rendimiento pudo verse afectados por dos motivos que no fueron considerados en este estudio, ellos son: a) Condiciones referidas a la plantación del té, como ser el relieve del terreno o las pendientes, malezas, propiedades del suelo, entre otras y b) Las características mecánicas de la máquina como ser, velocidad de corte, velocidad de la máquina, ubicación satelital. Teniendo en cuenta esto se proponen como trabajos futuros realizar un mayor control de estas variables para determinar cuánto influye la velocidad de corte en el comportamiento de la máquina.

Este método de sistema de pesaje es robusto y puede ser utilizado en varios tipos de cosechadoras siempre que el cajón recolector realice un apoyo distribuido en ambas celdas de carga.

Conocer los valores de rendimiento y la incorporación de una mayor variedad de sensores como ser, de temperatura, de humedad, de velocidad de giro de la cuchilla de corte, entre otros, permitirán a los operadores de las cosechadoras a tener un mayor control de la maquina teniendo en cuenta los factores externos al momento de realizar las diferentes operaciones de campo. Todos estos componentes ayudarán a obtener como producto final un mapa con distintos colores o tonos que permitirá mostrar las zonas más efectivas de la cosecha, también denominado Agricultura de Precisión.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del Comité Ejecutivo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT) por la excelente predisposición en responder las consultas diarias y el financiamiento parcial de la investigación. A la Metalúrgica Lory de la ciudad de Oberá por poner a disposición su Maquina Cosechadora de Té LD1000 y las instalaciones para poder realizar la instrumentación y posterior adquisición de datos. Al Laboratorio de Simulación Numérica y Ensayo Mecánicos (LABSE) de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Misiones, el cual nos permitió hacer uso de los equipamientos con los que cuenta. Al Centro de Estudios de Energías para el Desarrollo (CEED) por el apoyo técnico y financiero.

4. Referencias

- [1] De Bernardi, L. Alberto. “Análisis tecnológicos y prospectivos sectoriales”. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2012-2013.
- [2] Maggiolo, O. Federico; Tarnoski, G. Alejandro; Kolodziej, Javier; “Mediciones de esfuerzos en chasis de Cosechadoras de Té para mejoras en el diseño”; 2015.
- [3] Haro, Nicola Alejandro; “Implementación de un sistema de pesaje para trigo en un proceso de producción de harina en la empresa Molino Electro Moderno S.A.; Quito, Enero 2009.
- [4] Selección de las celdas de carga, disponible en: <http://www.bsl-celdas.com.ar/>. Ultimo ingreso 08/06/2016.
- [5] Cómo escoger el sensor adecuado para su sistema de medidas, disponible en <http://www.ni.com>. 2003
- [6] Quantum mx840b amplificador universal de ocho canales, disponible en: <https://www.hbm.com>.. Ultimo ingreso 01/07/2016