

# COSECHADORA DE CIRUELAS

Barón, Rodolfo Iván\*; Boccaccini, Luis Alberto; Sáenz, Juan Ignacio

*Facultad Regional San Rafael - Universidad Tecnológica Nacional  
Urquiza 314 San Rafael - Mendoza. bsbingeneria@infovia.com.ar*

## RESUMEN

El proyecto surge como respuesta a la necesidad de mecanizar la recolección de ciruelas debido a la progresiva falta de mano de obra para realizar dichas tareas y para permitir una mayor competitividad en la cadena de valor de este cultivo.

Consiste en el desarrollo de una maquina cosechadora de ciruelas, la misma está constituida por dos partes principales:

La cosechadora propiamente dicha, montada sobre un tractor, que se encarga de transmitir la vibración por medio de una pinza al tronco de la planta para producir el derribo de los frutos y el sistema de recepción, que mediante unos deflectores conduce la fruta a una cinta transportadora y mediante un elevador la descargan en los bins.

La innovación está dada en el desarrollo de un producto nuevo concebido por medio de un diseño adecuado que se logra a través de la combinación de tecnologías existentes permitiendo la solución a un problema productivo real.

El objetivo principal de este proyecto es introducir al mercado una maquina cosechadora de ciruelas que permita resolver los problemas de recolección de frutos.

Los objetivos específicos son:

- a) Conseguir una maquina con una producción estimada de 2 plantas/minuto de modo de poder realizar la cosecha de aproximadamente 30 a 50 hectáreas en la temporada previendo horarios normales de trabajo.
- b) El precio de venta tiene que ser tal que le permita al productor una amortización del equipo en un plazo razonablemente corto (menor a 3 años).
- c) Requerir para su operación no más de 3 operarios.

Luego del análisis de varias alternativas tecnológicas posibles para concebir el mismo, del resultado de ensayos, de la investigación de tecnologías existentes y del estudio teórico pertinente, se logra el diseño de un prototipo de cosechadora.

El proyecto alcanza el diseño, la fabricación y experimentación del prototipo.-

**Palabras Claves:** Producto, desarrollo, innovación, cosecha.

## **1. Introducción**

### **1.1. Antecedentes**

En los últimos 5 años ha habido un incremento notable de las hectáreas plantadas con ciruela fruto de las ventajas naturales de la región y de la competitividad que logra el mercado a partir de la devaluación monetaria. Actualmente la cosecha de ciruelas se realiza manualmente siendo una actividad intensiva en mano de obra debido al bajo rendimiento (kg/trabajador), para realizar estas tareas se dispone de mano de obra local, cada vez más escasa gracias a la recuperación económica del país que trajo como consecuencia la disminución de la desocupación, además se trata de trabajos estacionales de corta duración lo que desalienta el flujo de trabajadores desde otras ocupaciones más estables.

La consecuencia directa de la falta de mano de obra, es aumento considerable en los costos de recolección de la fruta y en algunos casos la pérdida de productos.

El incremento de los costos en esta etapa de la cadena productiva termina provocando un aumento en los costos del producto final que principalmente se coloca en el mercado internacional.

Los principales países competidores de la Argentina en la producción de ciruelas tienen la etapa de recolección de frutos tecnificada con máquinas útiles para tal fin lo que les permite lograr al menos en este tema una ventaja competitiva con el nuestro.

No obstante la tecnología disponible en esos países no es aplicable al nuestro fundamentalmente por 2 razones: la densidad de los cultivos (plantas / hectárea) en nuestro país es 2,5 a 3 veces superior a otros países y el tamaño de las plantas es muy distinto, de manera que si quisiéramos incorporar esta tecnología necesitaríamos erradicar las plantaciones actuales y hacer nuevas implantaciones cosa que técnica y económicamente es inviable.

Como ya indicado anteriormente existen a nivel internacional máquinas de este tipo pero están pensadas para otros tipos de sistemas de plantación. Las máquinas existentes se adaptan a cultivos donde las plantas están separadas varios metros entre ellas y son árboles más grandes que los de nuestras plantaciones, esto hace que el rendimiento de sistemas discontinuos de cosecha (la máquina se detiene en cada planta) tengan buena producción ya que la cantidad de kg/planta es bastante grande.

Existen además sistemas continuos de cosecha pero la forma que transmiten la vibración a las plantas para lograr la caída del fruto es muy agresiva para el tronco provocando roturas de la cascara con las consiguientes consecuencias negativas para el cultivo.

También encontramos, en este caso disponibles en el país, sistemas manuales de vibración en donde se actúa sobre las guías laterales (4 a 6 por planta) y no sobre el tronco principal. Cada máquina debe ser transportada por un operario, son de baja producción y en este caso no se dispone de sistema de recolección.

En nuestro caso proponemos un SISTEMA CONTINUO DE VIBRACION Y RECOLECCION de frutos por medio de una máquina AUTOPORTANTE es decir con sistema de tracción autónoma con un DISEÑO Y DIMENSIONES tales que permite el trabajo y maniobrabilidad en cultivos de nuestra región; con un sistema de TRANSMISION DE VIBRACION a la planta que no provoca daños en la misma.

### **1.2. Unidad ejecutora**

La responsabilidad de llevar adelante el presente proyecto es de la empresa BSB Ingeniería SRL cuyos integrantes son docentes de la UTN FRSR y autores del mismo.

### **1.3. Objetivos**

El objetivo principal de este proyecto es INTRODUCIR AL MERCADO UNA MÁQUINA COSECHADORA DE CIRUELAS que permita resolver los problemas de recolección.

Los objetivos específicos son:

- 1) Conseguir una máquina con una producción estimada de 2 a 3 plantas / minuto de modo de poder realizar la cosecha de aproximadamente 60 hectáreas en la temporada previendo horarios continuos de trabajo y teniendo en cuenta unas 3 pasadas por cultivo.
- 2) El valor previsto de venta tiene que ser menor a \$ 200000 para permitir al productor una amortización del equipo en un plazo razonablemente corto (menor a 3 años)
- 3) y con un requerimiento para su operación de aproximadamente 4 operarios con lo que estamos mitigando considerablemente el problema de mano de obra expuesto en el diagnóstico.
- 4) Desde el punto de vista económico el objetivo para nuestra empresa es aumentar el mercado potencial 100% ya que actualmente nuestro mercado solamente es el sector industrial y al ofrecer este nuevo producto incorporaríamos también al sector agrícola.
- 5) Respecto a las ventas se prevé un aumento de un 40 % con la fabricación de 2 equipos anuales.

#### 1.4. Vinculación tecnológica

Para garantizar el acceso al conocimiento tecnológico y poder alcanzar con éxito a los objetivos propuestos se firmó un CONVENIO MARCO entre la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL REGIONAL SAN RAFAEL y la EMPRESA BSB INGENIERIA SRL, el objeto de dicho convenio es afianzar la relación entre ambas instituciones en todos aquellos temas de interés mutuo.

Los objetivos generales del convenio marco son:

Promover las acciones que correspondieren al logro de los objetivos que persiguen ambas instituciones.

Intercambio de asistencia técnica en el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas al sistema productivo de la Región.

Se estableció además que para cada acción particular que se quiera desarrollar en el contexto del presente convenio marco se redactaran acuerdos específicos entre las partes, uno por cada uno de ellas, los cuales formaran parte de este convenio en calidad de CONVENIOS COMPLEMENTARIOS.

#### 1.5. Financiamiento del proyecto

Ante la necesidad de contar con recursos económicos que nos permitieran desarrollar el proyecto y contar además con fondos suficientes para la construcción del prototipo, buscamos distintas fuentes de financiamiento dentro de las cuales podemos mencionar:

1) Recursos propios. Estos recursos están sobre todo destinados a la elaboración del proyecto y son principalmente mano de obra para investigación, diseño y cálculo y materiales que dispone la empresa para la realización de ensayos.

2) Aportes de terceros interesados en el proyecto. Este tipo de recurso proviene principalmente de agricultores que son interesados directos en desarrollo de tecnología para la cosecha. El destino de estos aportes ya son para la construcción del prototipo en donde uno de los costos más importantes son los materiales, estos aportes son limitados debido a que si bien existe una real necesidad de contar con equipos para la cosecha la mayoría de los potenciales clientes esperan a disponer de un producto ya desarrollado y probado y son reacios a aportar para un desarrollo que puede tener resultados inciertos.

3) Solicitar aportes de instituciones gubernamentales que apoyen este tipo de desafíos.

Referido a esta última fuente de financiamiento decidimos elaborar un proyecto y solicitar a la AGENCIA NACIONAL DE PROMOCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA del MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACION PRODUCTIVA aportes del programa de asistencia ANR 600 que son aportes no reembolsables.

El proyecto presentado y posteriormente aprobado incluye la IDENTIFICACION DEL PROYECTO, MEMORIA TECNICA DEL PROYECTO, MEMORIA ECONOMICA DEL PROYECTO e INFORMACION DE LA EMPRESA.

## 2. Desarrollo del proyecto

### 2.1. Búsqueda de información

Esta etapa del proyecto consiste en la búsqueda de información relacionada con los tipos de cultivos preponderantes en nuestra provincia y los tipos de máquinas cosechadoras existentes.

#### 2.1.1. Datos sobre tipos de cultivos.

Se recorrieron varias fincas de nuestro departamento y se tomaron los siguientes datos:

- Distancias entre plantas: se hicieron mediciones de los anchos de los camellones y la separación entre plantas encontrándose distintas disposiciones siendo las más comunes de 4 x 3, 4 x 4, 4 x 5 metros.
- Tamaño de plantas: se tomaron medidas del diámetro de tronco, altura de las plantas y sistema de conducción. Se observaron plantas muy jóvenes con troncos muy pequeños también plantas añosas con troncos muy grandes y sistemas de conducción más antiguos o falta de poda. En la figura 1 se observa una disposición clásica de cultivo de ciruelas.



Figura 1: Plantación de ciruelos

- c) Altura libre de tronco: medida desde el bordo hasta el inicio de las ramas. Esta altura debe estar comprendida entre 30 y 40 cm como mínimo para poder tomar el tronco y poder transmitirle la vibración. Figura 2.

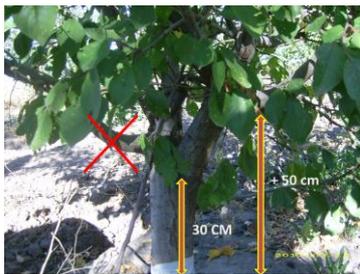


Figura 2: Distancia libre de tronco.

- d) Tipo y forma de suelos: se midieron el ancho y la altura de los bordos en los camellones. Estas dimensiones sirvieron para determinar la altura de trabajo de la máquina. Figura 3.



Figura 3: Altura de bordos

- e) Disposición de tela antigranizo: la tela antigranizo agrega un inconveniente más a la hora de definir la máquina, muchas veces no se ha respetado la simetría entre las plantas y los palos de la tela. Además en los extremos, el ancla de la tela complica la maniobra de doblado. Figura 4.



Figura 4: Tela antigranizo

- f) Dimensiones de los callejones en los finales de hilera: esta medida nos sirve para verificar si la máquina puede doblar al terminar la hilera. Figura 5.



Figura 5: Ancho de callejones

### 2.1.2. Datos sobre máquinas existentes.

Otra información importante fue conocer los distintos sistemas de derribo de frutos existentes. (Benchmarking)

La recolección mecanizada de ciruelas es una técnica utilizada desde hace varios años en otros países y ha ido progresando de acuerdo a los avances tecnológicos.

Los distintos sistemas de derribo de frutos utilizados son:

Vibradores manuales: que enganchan las ramas con un garfio que vibra situado en el extremo de una vara. Figura 6.

Sistemas biela manivela accionados por la toma de fuerza del tractor, que accionan un brazo deslizante que se fijan mediante una pinza al árbol y producen una vibración unidireccional. Vibradores de inercia que mediante una pinza transmiten la vibración al árbol originada por el giro de las masas de inercia. Dentro de este tipo de vibradores, tenemos los vibradores orbitales o los multidireccionales. Figura 7.



Figura 6: Vibrador manual.

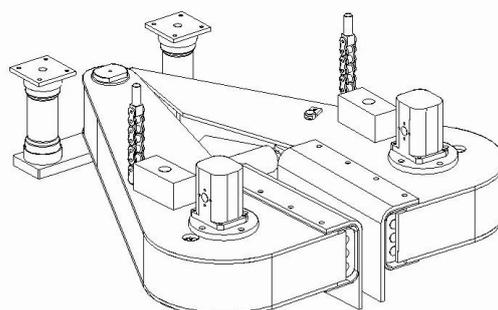


Figura 7: Pinza con vibración multidireccional.

Con toda esta información nos pusimos a trabajar en distintas alternativas de prototipo de manera de tener una máquina que se pueda adaptar a los distintos cultivos presentes en nuestra región y además elegir el sistema de vibración más adecuado para producir el derribo de los frutos sin dañar las plantas.

## 2.2. Generación de alternativas (conceptos)

Dadas las especificaciones técnicas del proyecto, expuestas en los párrafos anteriores, respecto a la funcionalidad, maniobrabilidad, eficiencia, rendimiento y costo de la máquina, se pre-diseñan 3 conceptos y se analizan las ventajas y desventajas de cada uno.

Concepto 1: Máquina autopropulsada. Única máquina tipo puente.

Concepto 2: Máquina autopropulsada. Dos máquinas, una por cada lado (side by side)

Concepto 3: Máquina tirada por tractores. Dos máquinas, una por cada lado.

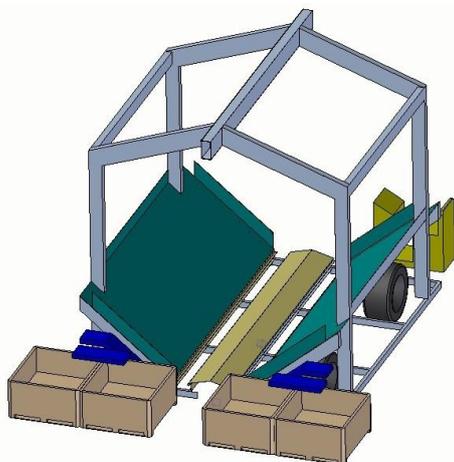


Figura 8: Concepto 1



Figura 9: Concepto 2

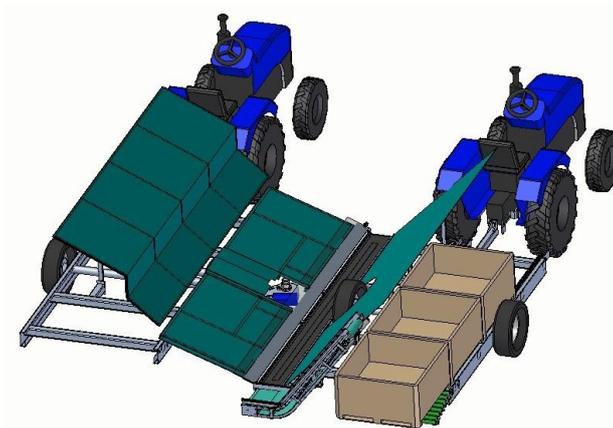


Figura 10: Concepto 3

#### Ventajas de la autopropulsión

- ✓ Mejor maniobrabilidad, dada su menor longitud.
- ✓ No necesita de tractores.
- ✓ Sistema integrado.

#### Desventajas de la autopropulsión

- × Costo mayor de la cosechadora.
- × Técnicamente más compleja desde el punto de vista del diseño.
- × Problemas de transporte, en carretones o en funcionamiento.

#### Tipo puente vs side by side (autopropulsadas)

- Ambos conceptos poseen muy buena maniobrabilidad.
- El tipo puente disminuye el porcentaje de fruta en el suelo, mayor eficiencia.
- El tipo puente tiene menor costo que utilizar dos máquinas autopropulsadas.
- La máquina side by side se adapta a la medida de las plantas y permite cosechar cultivos protegidos con tela antigranizo.
- El transporte de dos máquinas es menos complejo que el de una única máquina de grandes dimensiones que sobrepasa los límites normales de nuestras carreteras.

#### Ventajas Concepto 3

- ✓ Diseño estructural simple.
- ✓ Fácil transporte.
- ✓ Menor costo de inversión para su construcción.
- ✓ Existentes.
- ✓ Permite la cosecha en cultivos con malla antigranizo.

#### Desventajas Concepto 3

- × Necesidad de tractores.
- × Necesita un trabajo coordinado entre dos tractoristas.
- × Menor maniobrabilidad entre hileras.
- × Existentes.

### 2.3. Cálculos y ensayos preliminares

Con el fin de determinar la frecuencia de vibración de las plantas se realizaron ensayos de vibración en diferentes plantas. Se utilizaron dos vibradores eléctricos de 1HP conectados con variador electrónico de velocidad.

A continuación se detallan algunos datos y conclusiones obtenidas.

#### 1<sup>er</sup> ENSAYO: Olivo joven

Altura: 3.5 m.

Diámetro del tronco: 120mm.



#### 2<sup>do</sup> ENSAYO: Ciruelo viejo

Altura: 3.15 m.

Diámetro del tronco: 150mm.



#### 3<sup>er</sup> ENSAYO: Ciruelo mediano

Altura: 3.2 m.

Diámetro del tronco: 170mm.



#### En síntesis:

- No se aprecia una variación importante de la vibración al cambiar la altura de fijación de los vibradores. Tener en cuenta que el cambio solo fue de 9cm.
- A 20hz (variador) comienza a vibrar con más fuerza.
- A 30hz (variador) vibra mejor aún, comienzan a caer algunos brotes, especialmente los que están más alejados de las ramas principales.
- La planta vibra con mayor amplitud cuando el variador indica entre 35hz y 40hz. La vibración es estable.
- A más de 45hz (variador) la planta vibra muy poco.
- Se produjo muy poco daño en el tronco de la planta en el lugar donde se instalaron los vibradores, el único daño fue provocado por las varillas roscadas que apoyaban en él.

Cálculo de la frecuencia de vibración:  $fr$

$$20\text{hz} \rightarrow n = \frac{20\text{hz} \cdot 1400\text{rpm}}{50\text{hz}} = 560\text{rpm} \Rightarrow fr = \frac{n}{60} = \frac{560\text{rpm}}{60} = 9.33\text{hz}$$

$$fr = 9.33\text{hz}$$

$$30\text{hz} \rightarrow n = \frac{30\text{hz} \cdot 1400\text{rpm}}{50\text{hz}} = 840\text{rpm} \Rightarrow fr = \frac{n}{60} = \frac{840\text{rpm}}{60} = 14\text{hz}$$

$$fr = 14\text{hz}$$

Para el cálculo de la potencia necesaria para la vibración se utilizó una ecuación empírica [1] que relaciona las variables del equipo de vibración y de las dimensiones de las plantas.

$$P_v = \frac{k \times m \times n^3 \times r}{l} \quad (1)$$

Donde:

- $P_v$  = potencia necesaria en el motor (CV)
- $K = 4.6 \times 10^{-12}$  para olivos jóvenes pequeños  
 $5.75 \times 10^{-12}$  para olivos viejos tamaño medio  
 $6.90 \times 10^{-12}$  para olivos viejos grandes
- $l$  = altura de agarre (m)
- $m$  = masa total de contrapesos (kg)
- $n$  = velocidad angular media de contrapesos (rpm) la frecuencia de vibración se ha demostrado que debería encontrarse entre 10hz y 14hz
- $r$  = es el radio de inercia de los contrapesos (mm)

Datos:

$$f = 13\text{hz}$$

$$n = \frac{2 \times \pi \times f \times 60}{2 \times \pi} \rightarrow n = 780\text{rpm}$$

$$r = 100\text{mm}$$

$$k = 4.6 \times 10^{-12}$$

$$m = 22.4\text{kg}$$

$$l = 0.2\text{m}$$

Reemplazando estos datos en la Ecuación (1) obtuvimos la potencia necesaria para vibrar una planta de ciruela, teniendo en consideración el menor valor de  $k$ , ya que las ciruelas se derriban con mayor facilidad que las aceitunas

$$P_v = 24.5\text{CV}$$

## 2.4. Diseño de prototipo

De los conceptos analizados se eligió realizar un prototipo side by side compuesto por un lado cosechador y un lado recolector con funciones distintas pero complementarias para conseguir el propósito buscado, esta situación nos permitió llevar el diseño de ambas partes en forma simultánea y disminuir así el tiempo de desarrollo para luego ensamblarlos en un producto final (ingeniería concurrente).

### 2.4.1. Diseño del cosechador

El lado cosechador es un nuevo concepto que relaciona los analizados anteriormente, es una máquina montada sobre tractor, obteniendo de esta forma las ventajas de maniobrabilidad de una máquina autopropulsada y la disminución de costos al utilizar un tractor de la propiedad del usuario.

Se diseñó por separado pero para un mejor entendimiento vamos a mostrar un esquema del lado cosechador con los distintos sistemas funcionales que lo componen.

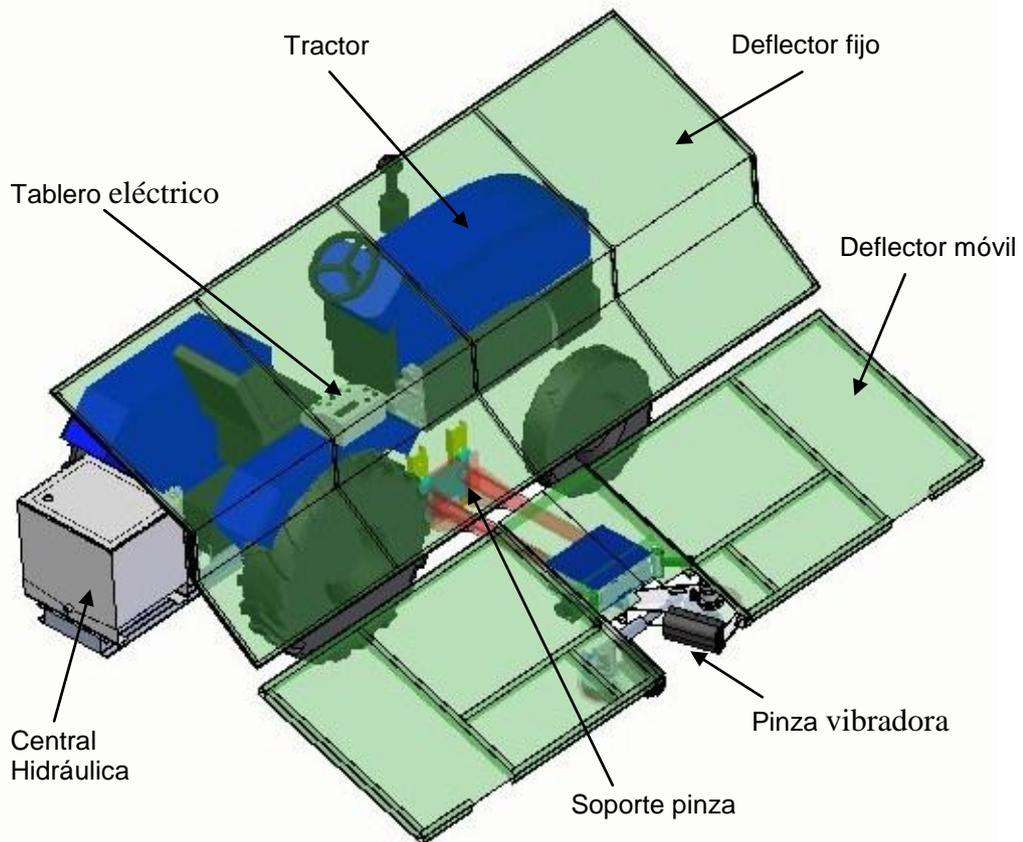


Figura 11: Lado cosechador

- Tractor: vehículo autopropulsado sobre el cual se montan los demás sistemas. La potencia debe ser la necesaria para lograr la vibración, 30CV (ver Cálculos y Ensayos preliminares).
- Tablero eléctrico: contiene los elementos para comandar la máquina y un PLC que controla los movimientos de las distintas partes.
- Central hidráulica: incluye el sistema hidráulico completo formado por bomba hidráulica, depósito, filtros, electroválvulas, etc.
- Deflector fijo: se instala sobre el tractor y conduce los frutos derribados al deflector móvil.
- Deflector móvil: se vincula a la pinza vibradora y permite depositar las ciruelas en el sistema recolector
- Pinza vibradora: es el sistema encargado de derribar los frutos
- Soporte pinza: formado por el carro móvil que soporta dicha pinza, la estructura con guías y la estructura de vinculación al tractor.

#### 2.4.2. Diseño del recolector

El lado recolector corresponde al Concepto 3 de la Figura 10.

En la imagen siguiente se pueden visualizar los distintos sistemas que lo constituyen.

- Carro: consiste en una estructura de un solo eje que se engancha a un tractor. Es la estructura soporte de los demás sistemas funcionales.
- Deflector: conduce los frutos derribados hacia la cinta colectora.
- Cinta colectora: es una cinta motorizada que recibe las ciruelas provenientes del lado cosechador y del lado recolector para transportarlas al elevador.
- Elevador: es el sistema encargado de depositar los frutos en los bins.
- Rampa: se utiliza para descender el bin que se encuentra lleno.

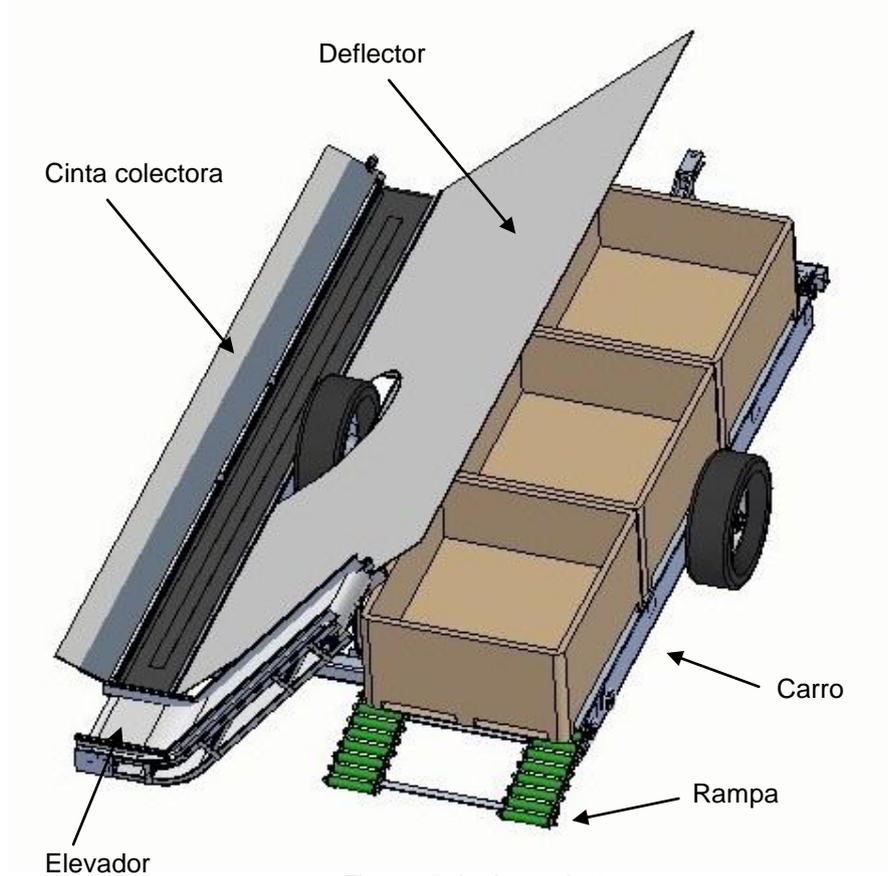


Figura 12: Lado recolector

## 2.5. Construcción del prototipo

### 2.5.1. Planificación de trabajos

Antes de empezar a la construcción del prototipo se hizo una planificación desde la compra de materiales, la fabricación de cada una de las partes y el montaje final para poder cumplir con el objetivo de terminar la máquina antes de la época de la cosecha que se realiza en el mes de febrero. Los tiempos de fabricación se tomaron por experiencia de trabajos similares.

### 2.5.2. Selección de proveedores y compra de materiales

Para adquirir todos los materiales necesarios se utilizaron proveedores locales donde se compraron principalmente los perfiles de acero, chapas plegadas, bulonería, pintura, mangueras y conexiones hidráulicas, etc. Los elementos hidráulicos se compraron a proveedores de Bs.As. por la experiencia, asesoramiento y servicio post-venta que ofrecían.

Una vez que los materiales llegaron a nuestro establecimiento, se almacenaron ordenadamente hasta el momento de su utilización.

### 2.5.3. Fabricación de las partes

La mayoría de las piezas y componentes del prototipo se construyeron en nuestras instalaciones con personal propio. Para ello disponemos de un taller equipado con máquinas y herramientas necesarias para estas tareas tales como máquinas soldadoras con electrodo, máquinas semiautomáticas proceso MIG-MAG, amoladoras manuales y de banco, taladros manuales y de columna, cortadoras de disco, aparejos manuales y eléctricos para el movimiento de piezas semi-terminadas, compresor y sopletes para pintura. Las instalaciones cumplen con la normativa de Higiene y Seguridad vigente.

Las piezas mecanizadas se realizaron en un taller externo (outsourcing) que dispone de modernas máquinas (tornos, limadora, fresadora) que le permite realizar el trabajo con óptima calidad.

Otra tarea que se tercerizó fue la construcción de las carpas que llevan los deflectores que conducen la fruta hacia las cintas que la llevan a los bins.

La fabricación sigue el proceso habitual que utiliza la empresa para todas las máquinas que produce.



Figura 13: Fabricación

## 2.6. Ensayos del prototipo

Una vez construido el prototipo comenzaron los ensayos a campo en distintos cultivos, cabe destacar que los tiempos de prueba están restringidos a los tiempos de cosecha que dependiendo de las condiciones del cultivo y del clima reinante abarca entre 20 y 40 días.

En principio se hicieron los ensayos fundamentales en el año 2009 y luego se repitieron ensayos en 2010 y 2011 para probar distintos sistemas de recolección y de frecuencia y tipo de vibración.

Los ensayos durante el año 2009 fueron en tres tipos de cultivos distintos de modo de obtener la mayor cantidad de conclusiones posibles que nos permitan acercarnos a un producto final mejorado.

**Ensayo 1 año 2009:** se trata de una finca en El Cerrito San Rafael en donde se cosechó un cultivo con plantas de tamaño mediano-chico de 6 años de vida con una densidad de plantación de 4mts x 3mts, se alcanzó a cosechar aproximadamente 1 hectárea, este fue el primer intento de cosecha desde el 14/2/09 al 18/02/09 por lo que hubo que hacer varios ajustes al prototipo.



Figura 14: Ensayo 1\_2009

**Ensayo 2 año 2009:** en esta oportunidad es un cultivo en Jaime Prats San Rafael, se cosechó aproximadamente una hectárea con plantas de tamaño mediano-grande de 18 años de vida con una densidad de plantación de 4mts x 4mts, en este caso hubo que aumentar la fuerza de vibración y también el tiempo de vibración debido al sistema de conducción (poda) ya que las plantas tenían muchas ramas delgadas y largas y en estas condiciones es más difícil transmitir la vibración para el derribo de los frutos, se cosechó los días 22/2/09 y 25/02/09.



Figura 15: Ensayo 2\_2009

**Ensayo 3 año 2009:** este ensayo también es en un cultivo en Jaime Prats San Rafael, se cosechó aproximadamente 3 hectáreas con plantas de tamaño mediano-grande de 12 años de vida con una densidad de plantación de 5mts x 3,5mts, el sistema de conducción (poda) en este cultivo es adecuado para la cosecha mecanizada por vibración ya que las plantas tenían guías conductoras bien definidas y robustas aptas para transmitir la vibración para el derribo de los frutos, la cantidad de ciruelas por planta era superior a los 50 kg de modo que fue una buena medida para probar el sistema de recolección. Se cosechó los días 23/2/09 y desde el 27/02/09 en adelante.



Figura 16: Ensayo 3\_2009

**Ensayo 1 año 2010:** este ensayo se repitió en la finca de El Cerrito San Rafael y fue fundamentalmente para probar las modificaciones en el sistema de recolección, si bien el sistema propuesto original funcionó adecuadamente necesitaba de un operario para equilibrar el llenado de los bins ya que éstos se llenaban en forma simultánea. El ensayo duró poco tiempo ya que por cuestiones climáticas la cantidad de producción en este año fue muy escasa.



Figura 17: Ensayo 1\_2010

**Ensayo 1 año 2011:** a esta altura del desarrollo habíamos introducido una nueva modificación al sistema de recolección con la intención de simplificar el mecanismo y reducir fundamentalmente los costos del sistema. Se hizo una demostración en una finca ubicada en la localidad de Las Catitas Santa Rosa cuyos propietarios fueron luego los primeros clientes del producto comercial. La densidad de plantación era de 4mts x 3mts con plantas de 8 años de vida, buena altura de tronco y buen sistema de conducción.



Figura 18: Ensayo 1\_2011

## 2.7. Producto final

El producto definitivo al que se arribó es un concepto similar al prototipo con las siguientes variaciones: el sistema cosechador se optó por montarlo en un tractor de mayor potencia pasando de 30 CV a 65 CV y adecuando el tamaño de los mecanismos a la nueva potencia, el sistema recolector es igual al prototipo con cinta colectora inferior, se mecanizó la bajada de bins reemplazando la rampa de gravedad. En la fig. 19 se observan dos vistas del producto definitivo.



Figura 19: Cosechadora de ciruelas

### 3. Resultados

Los resultados los vamos a medir en función del alcance y de los objetivos generales y específicos planteados como punto de partida del presente proyecto. De esta forma podemos enumerar:

- 1) Con respecto al cumplimiento en la ejecución del proyecto podemos asegurar que se cumplió en tiempo y forma con la propuesta inicial. La experimentación del prototipo se prolongó hasta las próximas dos temporadas a fin de probar las mejoras que surgieron de los primeros ensayos.
- 2) En cuanto al diseño se logró la concepción del producto innovador, si bien se eligió un concepto distinto a la propuesta original se consiguió una máquina versátil y productiva.
- 3) La adaptación al cultivo fue satisfactoria ya que en todos los ensayos se logró cosechar sin inconvenientes en distintas configuraciones de plantación y con variados tipos de plantas.
- 4) El objetivo propuesto referido al rendimiento de la máquina prototipo durante la cosecha que era de 2 a 3 plantas por minuto se consiguió solamente durante cortos periodos de tiempo. La razón de este comportamiento es que se trataba de un prototipo y fundamentalmente a la importancia que toman las tareas logísticas adicionales necesarias para la cosecha mecanizada.
- 5) En el proyecto habíamos especificado alcanzar la operación de la máquina con 4 operarios. El prototipo necesita solamente 3 personas para su operación.
- 6) El objetivo que tenía en cuenta el costo hablaba de un monto en pesos y de un periodo de amortización fijado en 3 años. Una vez desarrollado el producto definitivo y puesto a trabajar se determinó que la cosecha con nuestra máquina tiene un costo de 1/3 a 1/4 respecto a la cosecha manual, de modo que el periodo de recupero de la inversión está entre 1,5 a 3 años.
- 7) En cuanto a los objetivos comerciales resulta lógico que el desarrollo de un producto innovador genera solamente costos durante su desarrollo y escasas ventas en el periodo de introducción del mismo al mercado, no obstante la demostración del prototipo en el campo permitió conseguir las primeras ventas de máquinas cosechadoras. El objetivo planteado en nuestro proyecto fue la venta de 2 equipos por año y a 3 años de terminada la experimentación del prototipo ya hay un total de 21 máquinas comercializadas incluida la exportación de 2 máquinas cosechadoras de ciruelas al mercado chileno.

### 4. Conclusiones

Dado los resultados obtenidos al llevar a cabo el presente proyecto podemos destacar las siguientes conclusiones:

- a) La introducción al mercado de un producto que satisface la necesidad manifiesta de mecanizar la cosecha de ciruelas le permite a toda la cadena de valor de este producto mejorar la productividad haciendo posible la permanencia en un mercado internacional muy competitivo.
- b) El hecho que el producto desarrollado sea exportable contribuye a la mejora de la balanza comercial del país sobre todo por tratarse de un producto con alto valor agregado.
- c) Dado que la relación costo-rendimiento de nuestra máquina es muy buena comparada las máquinas importadas la irrupción del producto en el mercado permite la sustitución de importaciones en aquellos caso en que los cultivos se adaptasen a la utilización de dicha maquinaria.

### 5. Bibliografía

- [1] Porras Soriano, Andrés (1999) Diseño y Cálculo de Sistemas Hidrostáticos de Transmisión de Potencia para vibrador autopropulsado. UCLM Universidad de Castilla – La Mancha.
- [2] Catálogo Rexroth (2007) Componentes Hidráulicos para Aplicaciones Industriales.
- [3] Baldassini, Luigi (2002) Vademecum Per Disegnatori e Tecnici. Milano (Italy). 19ª Edizione Aggiornata. Editori Ulrico Hoepli Milano. Printed in Trento

### 6. Agradecimientos

- Al Ingeniero Ariel Morbidelli por los aportes realizados para la ejecución del proyecto.
- A la Fundación PROMENDOZA por permitir integrar una delegación destinada a conocer los procesos de cosecha en EE UU.