

# “ANÁLISIS DE LA DISPERSIÓN DE PARTÍCULAS EN LA ETAPA DE MOLIENDA DE MAÍZ EN PLANTA EXPERIMENTAL PARA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL”

**Alumno:** Blengino, Florencia.

**Tutor por parte de la universidad:** Rosso, Jorge.

**Tutor por parte de la empresa:** Frola, Fabiana.

**Lugar de realización de la práctica:** Bioetanol Río Cuarto SA.

**Periodo de realización de la práctica:** 29/10/2018 al 17/01/2019.

**Fecha de presentación de informe:** 18/03/2019.

---

## RESUMEN

En el presente informe se describen las actividades realizadas durante la Práctica Profesional Supervisada realizada en la empresa Bioetanol Río Cuarto S.A.

Los objetivos generales en el desempeño de la Práctica Profesional Supervisada fueron reconocer la planta industrial de la empresa y las normas que alcanzan al sistema de producción, aplicar conocimientos adquiridos en el cursado de la carrera Ingeniería Química, desarrollar habilidades prácticas propias de la actividad profesional e introducirse en el ámbito laboral estableciendo una buena comunicación con todo el personal de la planta.

En cuanto a los objetivos particulares se logró determinar y medir parámetros operativos del proceso de molienda que posibiliten la estandarización del mismo, como así también, analizar el sistema de adición de sólidos en la fermentación del maíz haciendo foco en la etapa de molienda.

Además se logró adquirir conocimientos tanto de seguridad e higiene como ambiente. Todos los objetivos planteados fueron cumplidos en tiempo y forma, por lo que los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios a nivel personal ya que contribuyeron a la formación como futuro profesional.

Como conclusiones significativas, se destaca que trabajando con las mismas condiciones operativas durante los ensayos se logra la estandarización de la dispersión de partículas durante la etapa de molienda.

## ÍNDICE

1. OBJETIVOS .....	1
1.1. Objetivos Generales .....	1
1.2. Objetivos Específicos.....	1
1.3. Objetivos Alcanzados.....	1
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	2
2.1. Presentación .....	2
2.2. Área de la empresa en la que se desarrolla la práctica. ....	2
2.3. Organigrama.....	3
2.4. Tecnología y procesos involucrados. ....	4
3. TAREAS REALIZADAS .....	8
3.1. Actividades realizadas.....	8
3.1.1. Inducción de ingreso a la planta.....	8
3.1.2. Estudio de normas que alcanzan al sistema de producción.....	8
3.1.3. Establecimiento de valores operativos de funcionamiento del molino de martillo.....	8
3.1.4. Participación en los ensayos de fermentación.....	11
3.1.5. Redacción de documentos técnicos.....	11
3.2. Resultados y análisis .....	11
4. CONCLUSIÓN.....	16
5. BIBLIOGRAFÍA .....	17
ANEXO I.....	18
ANEXO II.....	20



---

## 1. OBJETIVOS

### 1.1. Objetivos Generales

- Reconocer la planta industrial de la empresa Bio4: el organigrama de la empresa, sus instalaciones, el proceso de producción de bioetanol de maíz y la tecnología empleada; y las normas que alcanzan al sistema de producción.
- Desarrollar habilidades prácticas propias de la actividad profesional en una planta industrial a escala piloto.
- Participar proactivamente en el ámbito laboral, procurando una buena comunicación con todo el personal de la planta.
- Desarrollar habilidades para la redacción de documentos técnicos, protocolos y manuales de trabajo de plantas industriales.

### 1.2. Objetivos Específicos

- Planificar y realizar los ensayos experimentales de fermentación a desarrollarse en la Planta experimental.
- Determinar y medir parámetros operativos del proceso de molienda que posibiliten la estandarización del mismo.
- Analizar el sistema de adición de sólidos en la fermentación del maíz en planta experimental haciendo foco en la etapa de molienda.
- Comparar la dispersión de partículas obtenida en diferentes ensayos de molienda de planta experimental.

### 1.3. Objetivos Alcanzados

Todos los objetivos planteados anteriormente pudieron ser cumplidos en el tiempo de duración de la Práctica Profesional Supervisada.

---

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

### 2.1. Presentación

- Nombre de la empresa: Bioetanol Río Cuarto SA.
- Domicilio: Avenida Godoy Cruz N°625, Río Cuarto, Córdoba.
- Teléfono: 0358 421-0620.
- Rubro: Producción de bioetanol como producto principal y como subproductos burlanda de maíz húmeda, jarabe, burlanda de maíz húmeda con jarabe y burlanda de maíz seca con jarabe.
- Capacidad anual: 90.000.000 litros de etanol y 41.800 toneladas de burlanda seca y húmeda.

Bio4 es una Sociedad Anónima formada por productores agropecuarios de Río Cuarto y la zona, que tienen como objetivo darle valor agregado al maíz. La transformación de maíz en biocombustibles a partir de la fermentación del mismo es la principal actividad desarrollada por la empresa, otorgando así una gran cantidad de beneficios a nivel local y global. También, se aprovechan los subproductos del proceso, tal como la burlanda de maíz, la cual es comercializada húmeda o seca para posteriormente ser utilizada como alimento para ganado debido a su alto valor nutricional.

La empresa Bio4 busca mantener una producción sustentable, valiéndose como gestión política de un firme compromiso por cumplir las leyes aplicables al producto, al cuidado del medio ambiente y al trabajador, priorizando la seguridad de los operarios.

### 2.2. Área de la empresa en la que se desarrolla la práctica.

El sector de la empresa Bio4 donde se llevó a cabo la Práctica Profesional Supervisada fue en la Planta Experimental.

Para cumplir con los objetivos se trabajó un total de 200 horas, desde el 29/10/2018 hasta el 17/01/2019, las cuales fueron distribuidas en 4 horas diarias de lunes a viernes de 9 a 13h, a excepción de los cuatro días que duró el ensayo de fermentación donde se trabajó 6 horas diarias en turno mañana, tarde, o tarde-noche. En total se realizaron cuatro ensayos de fermentación durante el periodo de trabajo.



#### 2.4. Tecnología y procesos involucrados.

En la planta experimental de la empresa Bio4 se realizan ensayos de fermentación con maíz para la obtención de mosto alcohólico. El objetivo de estos ensayos es estudiar cómo influyen en el proceso productivo determinados factores que fueron previamente convenidos, para luego analizar de manera global su influencia. Éste análisis le permite a la empresa probar potenciales alternativas a incorporar en el proceso realizado en la planta industrial a bajo costo.

Los equipos disponibles en la Planta Experimental solo permiten la reproducción del proceso hasta la etapa de destilación. Éstos son:

- Tornillo Sinfín (RT 1701): transporta el cereal descargado manualmente en su extremo inferior hacia una tolva (TA 1701).
- Molino de martillos (MG 1701): posee una abertura de malla de 2 mm y muele el cereal que está depositado en la tolva TA 1701.
- Tornillo Sinfín (RT 1702): transporta el cereal molido hacia el tanque de pre-mezcla y licuefacción (TQ 1701).
- Tanque de pre-mezcla y licuefacción (TQ 1701): en él se realiza la mezcla de agua de proceso y cereal molido para la licuefacción mediante la acción de un agitador mecánico.
- Tanques de fermentación (TQ 1702 y TQ 1703): en ellos se realiza la fermentación del mosto obtenido del proceso de licuefacción, los cuales son de construcción similar al TQ 1701 provistos de un sistema de refrigeración de camisas por dónde circula agua.
- Tanque destilador (TD 1701): destilador discontinuo con una camisa calefactora por dónde circula agua caliente y conectado por su extremo superior a un condensador (IC 1702) por dónde se obtiene el etanol destilado.
- Condensador de tubo y coraza (IC 1702): condensa los vapores producidos en el TD 1701 a través de la circulación de agua por la coraza.
- Intercambiador de calor tipo espiral (IC 1701): utilizando agua como fluido de servicio, calienta o enfría el mosto contenido en el TQ 1701, según sea necesario para la operación.



- Calentador eléctrico (CL 1701): calienta a través de resistencias eléctricas el agua que circula por el sistema cerrado de calefacción.
- Torre de enfriamiento (TE 1701): a través de la impulsión por una bomba centrífuga (BO 1704) y un ventilador de tiro forzado (VE 1701) enfría el agua del sistema cerrado de refrigeración.
- Bomba de trasvase (BO 1705): trasvasa desde un “bin” levadura previamente hidratada y propagada en la planta industrial hacia el TQ 1702 para el proceso de fermentación.

La relación entre los diferentes equipos se puede ver en el diagrama de flujo de proceso de fermentación que se encuentra en el Anexo I, Figura 1.

Las etapas del proceso son:

- Carga de maíz: las bolsas de maíz que fueron previamente pesadas se descargan de manera manual en el Sinfín RT 1701 que lo transporta hacia la tolva TA 1701.
- Molienda: terminada la descarga del maíz en la tolva TA 1701 se lo muele en el MG 1701, y se transporta la harina obtenida a través del Sinfín RT 1702 hacia el tanque de pre-mezcla y licuefacción TQ 1701.
- Licuefacción: en el TQ 1701 se mezcla el agua de proceso, previamente calentada por el intercambiador IC 1701 a aproximadamente 85 °C, con la harina proveniente del molino MG 1701. Esto se realiza con ayuda del agitador mecánico del TQ 1701 y recirculación a través de la bomba BO 1701. Se agrega solución de ácido sulfúrico para ajustar el pH en un rango entre 5,2-5,4 y luego se agrega alfa-amilasa.

Se mantiene el mezclado y la temperatura durante 4 horas para que la enzima degrade el almidón del cereal hasta obtener azúcares fermentables y cadenas carbonadas de bajo peso molecular.

---

Bin(es): recipiente(s) de material plástico usados industrialmente para almacenamiento de fluidos.

Una alternativa a la etapa del proceso previamente descrita consiste en reemplazar una parte del agua de proceso con una mezcla de vinaza liviana (subproducto del proceso de destilación de la planta industrial) y digestato. Para llevar a cabo este ensayo es necesario realizar, previo a la incorporación del material particulado, un tratamiento térmico que consiste en calentar la mezcla agua-digestato hasta los 90 °C y recircularlo durante 2 horas, con el objetivo de disminuir la carga microbiana e impedir su interferencia en el metabolismo de la levadura durante la etapa de fermentación.

- Fermentación: una vez finalizado el proceso de licuefacción se enfría el mosto en el TQ 1701 a través del intercambiador IC 1701 hasta los 33 °C. Se trasvasa el mosto a través de la bomba BO 1701 hacia el TQ 1702 y se mezcla con levadura previamente hidratada y propagada proveniente de la planta industrial.

Se agrega antibiótico, urea y enzima glucoamilasa. La urea actúa como una fuente nitrogenada para el metabolismo de la levadura, mientras que la glucoamilasa degrada las cadenas de bajo peso molecular que quedaron del proceso de licuefacción en azúcares fermentables.

Se mantiene el contenido del TQ 1702 mezclado a través de su agitador mecánico y la recirculación a través de la bomba BO 1702 durante las siguientes 60 horas, en las cuales debe controlarse la temperatura. En caso de aumentar la temperatura se hace circular agua de enfriamiento proveniente de la torre TE 1701 a través de la camisa del TQ 1702 y se prende el ventilador VE 1701.

- Destilación: una vez finalizada la fermentación se trasvasa el contenido del TQ 1702 a “bines” de almacenamiento que posteriormente serán llevados a la planta industrial para su destilación.

El diagrama de bloques del proceso descrito anteriormente se muestra en la Figura 2.2.

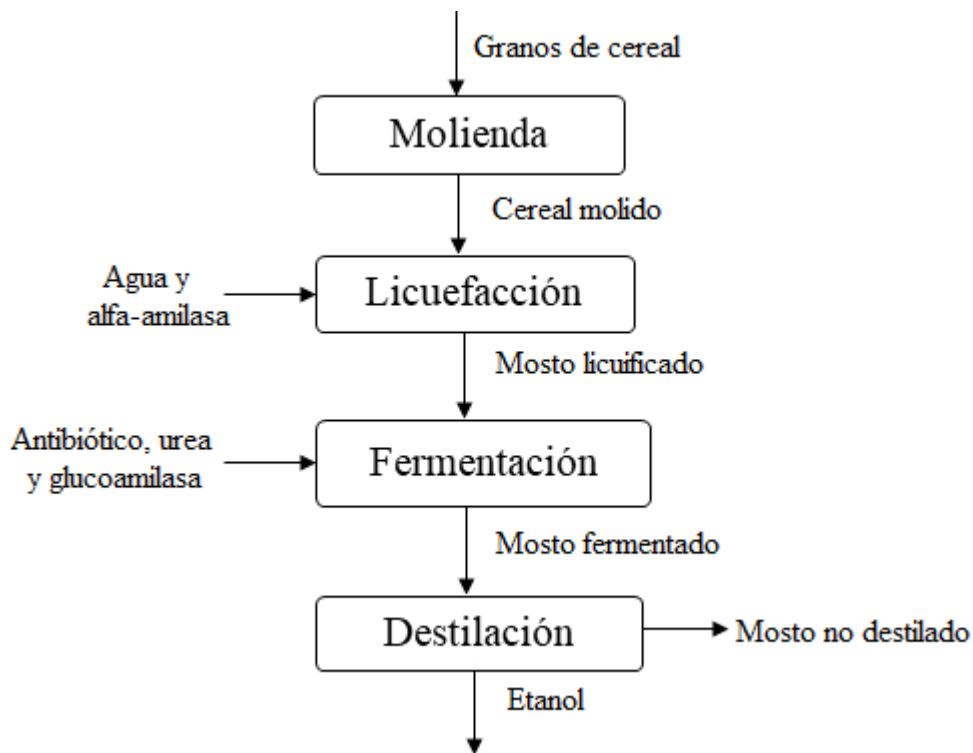


Figura 2.2: Diagrama de bloque del proceso en Planta Experimental.

Para determinar la dispersión de partículas en la etapa de molienda, se analizó la granulometría del maíz a través del equipo Zonytest. Éste consiste en 9 tamices de diferentes diámetros de malla y un colector. El procedimiento comienza con el pesaje de cada tamiz vacío, luego se colocan los tamices uno encima de otro, se vierte una muestra de maíz molido de 250 gramos y se enciende el equipo durante 25 minutos. Al finalizar, se pesa cada tamiz con la muestra y los resultados del pesaje de los tamices vacíos y los tamices con cada muestra se colocan en un calcular que arroja el diámetro de partícula promedio.

Las especificaciones del equipo Zonytest se encuentran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Especificaciones Zonytest.

TAMICES	DIÁMETRO MALLA ( $\mu\text{m}$ )
12	1680,00
16	1180,00
20	850,00
30	600,00
40	425,00
60	250,00
70	212,00
80	177,00
100	149,00
Colector	

El equipo se muestra en la Figura 4 del Anexo I

---

### 3. TAREAS REALIZADAS

#### 3.1. Actividades realizadas.

##### 3.1.1. Inducción de ingreso a la planta.

Junto con la tutora por parte de la empresa, se realizó un recorrido por cada uno de los sectores de la planta de producción de Bio4, y se recibió explicación de cada una de las etapas. Luego se conocieron las instalaciones de la Planta Experimental para identificar los equipos de proceso, las salidas de emergencia, y las zonas de acopio de los insumos.

##### 3.1.2. Estudio de normas que alcanzan al sistema de producción.

Se recibió una capacitación por parte del Responsable de Higiene y Seguridad sobre los riesgos asociados al trabajo en la Planta Experimental. Se dio a conocer el documento I.P.E.R. (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos) del lugar y se hizo énfasis en el correcto uso de los elementos de protección personal. En dicha capacitación se reconocieron normas como la ISO 14001, ISO 9001 y OHSAS 18007.

También se recibió capacitación desde el sector Ambiente, donde se desarrollaron temas como separación de residuos y tratamiento de efluentes líquidos. Y del sector de laboratorio para el correcto uso y manipulación del instrumental de laboratorio.

##### 3.1.3. Establecimiento de valores operativos de funcionamiento del molino de martillo.

Se realizó un relevamiento de los equipos asociados al desarrollo de la práctica, con el fin de identificar variables que pueden incidir en el proceso.

El diagrama de flujo del proceso se observa en la figura 3.1.

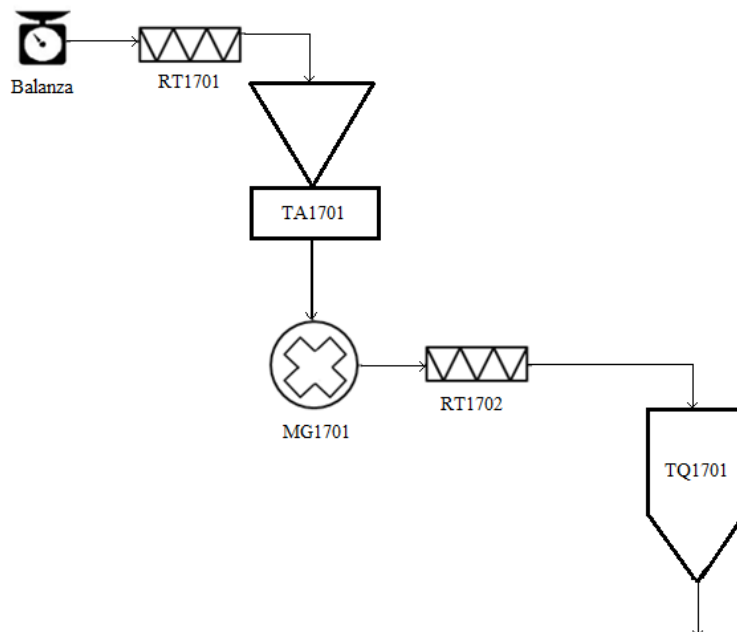


Figura 3.1: Diagrama de flujo del proceso de molienda.

Al finalizar el relevamiento, se estudiaron los ensayos realizados anteriormente para así establecer una metodología de trabajo y la operatoria para la obtención de datos durante los ensayos.

Como parte de la metodología de trabajo se estableció que la operación se realizaría a caudal constante, con una apertura de clapeta del molino de 5 centímetros y una apertura de clapeta de la tolva de 3 vueltas de tornillo, las cuales permanecerán fijas durante toda la etapa de molienda.

En cada ensayo la metodología de operación de molienda fue la siguiente:

Carga del cereal a la tolva de almacenamiento TA1701:

- 1) Encender la balanza y esperar hasta que muestre un valor numérico, luego tarar.
- 2) Transportar las bolsas de cereal con el carro plataforma hasta la balanza.
- 3) Pesar las bolsas sin superar el máximo peso admisible de la balanza.
- 4) Colocar las bolsas de cereal ya pesadas próximas al tornillo sinfín RT 1701 con ayuda del carro plataforma.
- 5) Repetir los pasos 3 a 5 hasta alcanzar los kg de cereal indicados en la receta.
- 6) Apagar la balanza y desconectarla de la red de energía eléctrica.

- 7) Verificar que la clapeta de la tolva TA 1701 esté completamente cerrada.
- 8) Conectar el tornillo sinfín RT 1701 al tablero auxiliar para alimentarlo eléctricamente, y luego presionar el comando “MARCHA” del tablero propio del sinfín para iniciar su arranque.
- 9) Adicionar el cereal al tornillo sinfín RT 1701 para cargar la tolva TA 1701, con la precaución de que la punta de la bolsa de cereal, este alejada de la rejilla que recubre el sinfín del transporte.
- 10) Una vez finalizada la carga de la tolva TA 1701, apagar el tornillo sinfín RT 1701 desde el tablero eléctrico del mismo, presionando el comando “PARADO”.
- 11) Desconectar el sinfín RT 1701 del tablero eléctrico auxiliar finalizado la adición del cereal.

#### Etapa de molienda

- 1) Encender el sinfín RT 1702 desde el tablero principal.
- 2) Verificar que la clapeta de MG 1701 esté completamente cerrada.
- 3) Encender el molino MG 1701 desde el tablero principal.
- 4) Abrir la clapeta de la tolva TA 1701 tres pasos de tornillo.
- 5) Abrir la clapeta del MG 1701 hasta la posición de 5 centímetros.
- 6) Durante el transcurso de la molienda (vaciamiento de la tolva) mantener fija tanto la clapeta del molino MG1701 como la de la tolva TA1701.
- 7) Apagar el molino MG1701 una vez que no se visualicen más finos de molienda en su descarga desde el tablero principal.
- 8) Apagar el sinfín RT 1702 desde el tablero principal luego de 30 minutos, para asegurarse que no queden restos de molienda en su interior.

#### 3.1.4. Participación en los ensayos de fermentación.

Se participó en todas las etapas del proceso y su preparación a lo largo de los 4 ensayos de fermentación que se llevaron a cabo. Durante los ensayos, se manipularon válvulas y se accionaron comandos para llevar a cabo cada proceso. Al finalizar cada ensayo, se realizó la limpieza de la zona productiva.

#### 3.1.5. Redacción de documentos técnicos.

Se procedió a redactar y/o actualizar los instructivos de operación luego de adquirida la habilidad y la experiencia en los ensayos. Esto implicó que se tenga que relevar nuevamente la zona de trabajo, identificando cada componente según la nomenclatura vigente y especificando las condiciones en que se lleva a cabo cada ensayo.

### 3.2. Resultados y análisis

Durante los primeros 3 ensayos de fermentación realizados en la Práctica Profesional Supervisada, se observó que la dispersión de partículas varía de un ensayo a otro. Estos ensayos se realizaron con una apertura de clapeta del molino de martillo de 5 cm y una apertura de clapeta de la tolva de 3 vueltas de tornillo en un principio y luego se iba abriendo en forma manual hasta que quede completamente abierta.

En la tabla 3.1 se muestran las características de los primeros 3 ensayos de fermentación.

Tabla 3.1: Características ensayos de fermentación.

<b>Ensayos Fermentación</b>	<b>Kg a moler</b>	<b>Apertura de Clapeta de MO 1701 (cm)</b>	<b>Diámetro promedio (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
1	430	5	979,63
2	501	5	958,87
3	500	5	956,34

Debido a que la dispersión de partículas varía de un ensayo a otro, se propuso realizar 2 experiencias únicamente de molienda donde se tomaron a la salida del molino de martillos, tres muestras de maíz molido a lo largo del proceso, las cuales fueron al principio, en la mitad y al final, para analizar si la dispersión de partículas variaba a lo largo de esta etapa.

La primera experiencia se realizó con una apertura de clapeta de la tolva de 3 vueltas de tornillo, la cual se mantuvo fija durante todo el proceso, mientras que la segunda experiencia con 6 vueltas de tornillo. En ambas experiencias se mantuvo la apertura de clapeta del molino de martillos en 5 centímetros. Anteriormente, los ensayos de fermentación se realizaban con una apertura de clapeta de la tolva de 3 vueltas de tornillo en un principio y luego se abría manualmente durante el proceso de molienda hasta que terminaba completamente abierta.

En la tabla 3.2 se pueden observar las condiciones en las que se realizó cada una de las experiencias.

Tabla 3.2: Características ensayos de molienda.

<b>Experiencias Molienda</b>	<b>Kg a moler</b>	<b>Duración de la etapa (min)</b>	<b>Apertura de Clapeta de MO 1701 (cm)</b>	<b>Apertura de Clapeta Tolva (vueltas de tornillo)</b>	<b>Flujo (Kg/min)</b>
<b>Experiencia 1</b>	34,3	5,25	5	3	6,53
<b>Experiencia 2</b>	40,3	5,41	5	6	7,46

Los resultados obtenidos de estas experiencias se observan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3: Resultados de experiencias 1 y 2.

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Experiencia 1</b>	<b>Experiencia 2</b>
	<b>Diámetro promedio (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	
0,5	1000,59	1019,4
2,5	925,47	943,01
5	992,73	986,96

Como se puede ver, el diámetro de partícula varía en el tiempo en cada proceso de molienda. En el Anexo II, tabla 1 y tabla 2, se encuentra la dispersión de partículas para cada una de las experiencias.

En la figura 3.2 se observa la variación de la dispersión de partículas para las experiencias 1 y 2 en los diferentes tiempos en los que se tomaron las muestras de maíz molido.



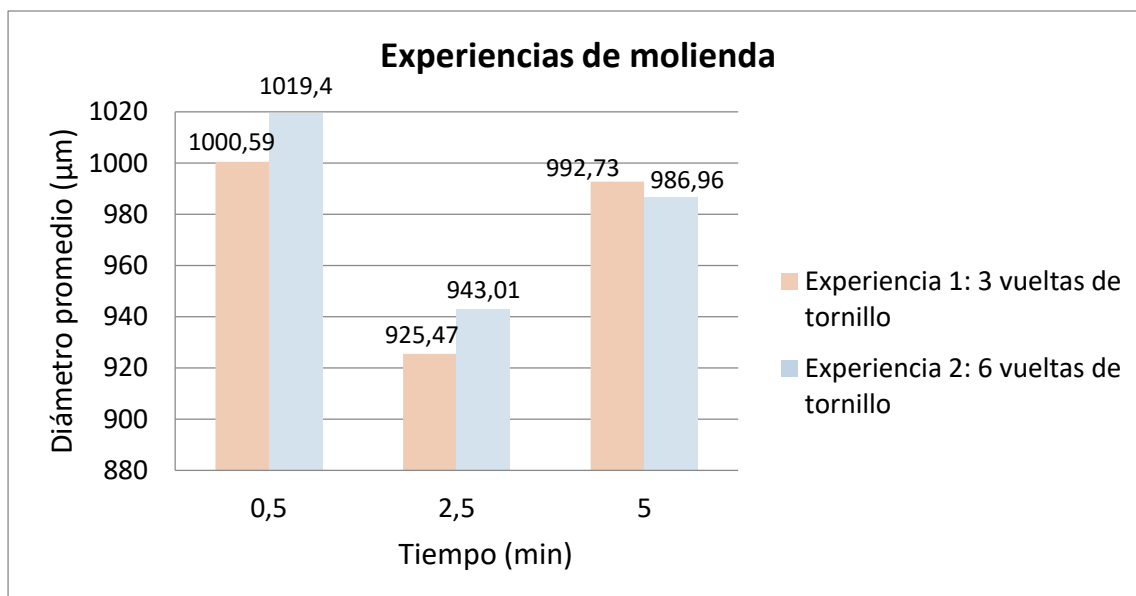


Figura 3.2: Variación del diámetro promedio en el tiempo durante los ensayos.

Debido a que el menor diámetro de partícula, se obtiene en la experiencia 1 para un tiempo de 2,5 minutos, es decir, con una apertura de clapeta de 3 vueltas de tornillo, se decide realizar en el cuarto ensayo de fermentación, una tercera experiencia manteniendo las condiciones de la experiencia 1 para poder realizar una comparación entre ambos.

Las condiciones en las que se realizó la experiencia 3 se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4: Características de la experiencia 1 y 3.

Experiencias Molienda	Kg a moler	Duración de la etapa (min)	Apertura de Clapeta de MO 1701 (cm)	Apertura de Clapeta Tolva (vueltas de tornillo)	Flujo (Kg/min)
Experiencia 1	34,3	5,25	5	3	6,53
Experiencia 3	470	72	5	3	6,53

Los resultados obtenidos de estas experiencias se observan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5: Resultados de experiencias 1 y 3.

Tiempo	Experiencia 1	Experiencia 3
	<b>Diámetro promedio (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	
Inicial	1000,59	1010,24
Medio	925,47	933,56
Final	992,73	997,26

Se puede observar que los resultados obtenidos en la experiencia 3 son muy similares a los arrojados por la experiencia 1. Por lo tanto, se demuestra que manteniendo las mismas condiciones en cada uno de los ensayos se logra tener una similar dispersión de partículas y de esta forma lograr la estandarización. En el Anexo II, tabla 3, se encuentra la dispersión de partículas de la experiencia 3.

En la figura 3.3 se puede ver la comparación entre la experiencia 1 y la experiencia 3.

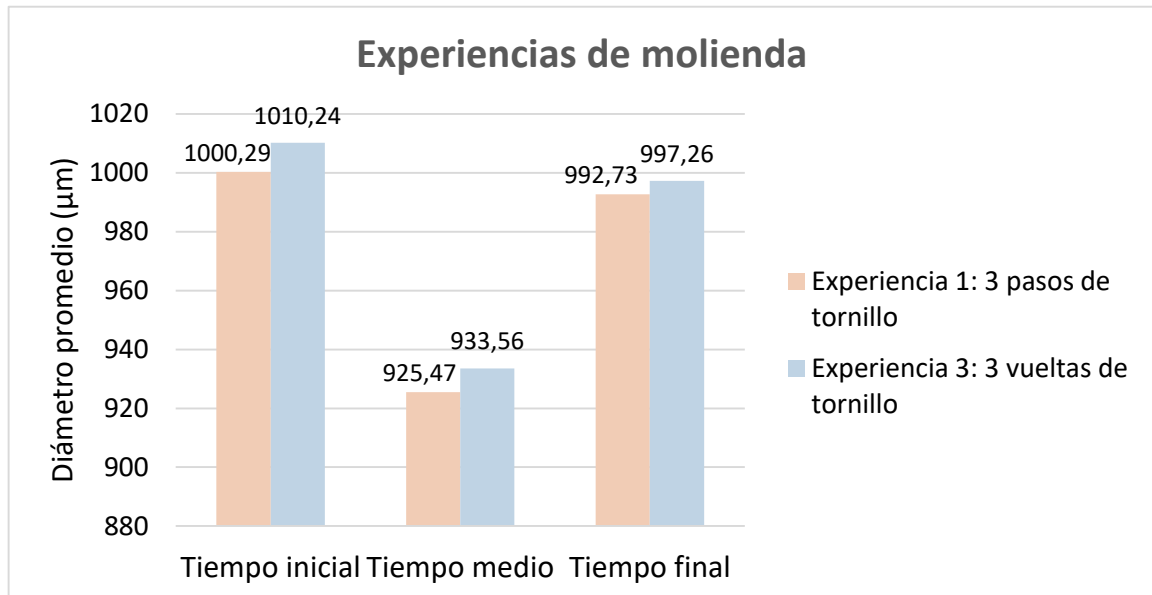


Figura 3.3: Variación del diámetro promedio en el tiempo.

La figura 3.4 es a modo ilustrativo para mostrar que trabajando con las mismas condiciones, la tendencia de las curvas es igual.

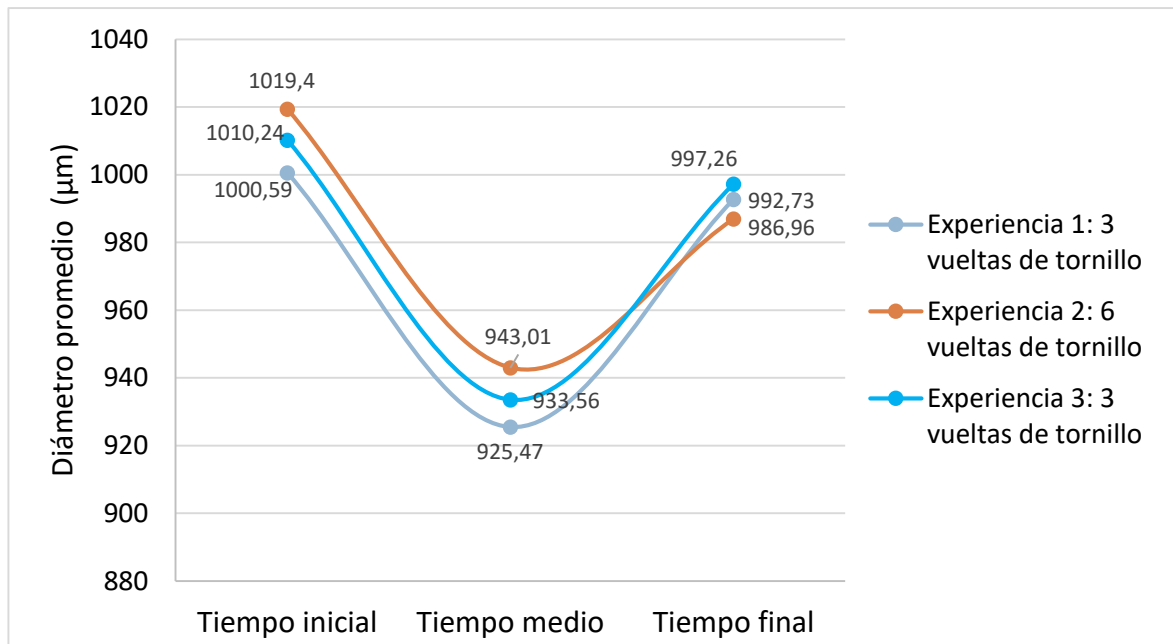


Figura 3.4: Variación del diámetro promedio durante los ensayos.

El inconveniente de trabajar en la experiencia 3 durante toda la etapa de molienda con una apertura de clapeta de la tolva de 3 pasos de tornillo fue que el molino se quedaba sin alimentación. El tiempo total de la etapa de molienda de este ensayo de fermentación fue de 85 minutos de los cuales el molino estuvo 72 minutos moliendo y 13 minutos fue de tiempos muertos donde se quedaba sin alimentación. De todos modos, la comparación entre la experiencia 1 y la experiencia 3 nos sirvió para demostrar que manteniendo las mismas condiciones de operación se logra estandarizar la dispersión de partículas.

Por lo tanto se propone para los siguientes ensayos de fermentación seguir tomando diferentes muestras a lo largo de la etapa de molienda y con una apertura de clapeta de la tolva de 4 vueltas de tornillo para ver si de esta forma el molino no se queda sin alimentación y puede trabajar continuamente sin tener tiempos muertos.

---

#### **4. CONCLUSIÓN**

Con respecto a los objetivos planteados, tanto generales como particulares, se puede decir que fueron cumplidos satisfactoriamente, lo que permitió entender más en profundidad el proceso. Al mismo tiempo que se pudieron analizar de forma coherente los datos obtenidos en cada uno de los ensayos.

En cuanto a las actividades realizadas fueron muy satisfactorias ya que se pudieron adquirir nuevos conocimiento acerca del proceso como así también de nuevos equipos utilizados.

La Práctica Profesional Supervisada resultó muy positiva ya que permitió tener un primer contacto con el ámbito laboral y poder aplicar los conceptos adquiridos a lo largo de la carrera.

---

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [www.bio4.com.ar](http://www.bio4.com.ar) (Fecha de acceso: Febrero 2019)
- Manuales Operativos e Instructivos Operativos de Planta Experimental de Bioetanol Río Cuarto S.A.

## ANEXO I

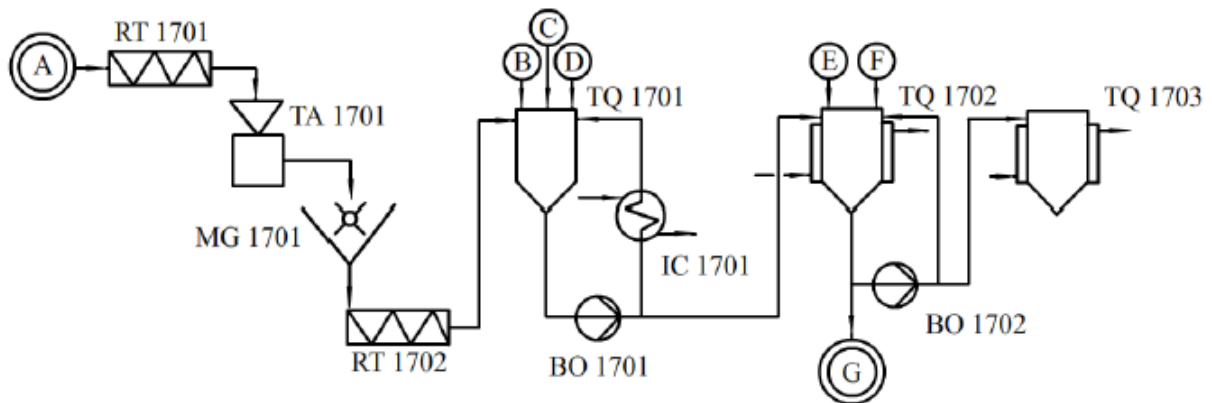


Figura 1: Diagrama de flujo de proceso de fermentación.

Tabla 1: Referencias del diagrama de flujo de proceso de fermentación.

Código	Descripción
A	Maíz
B	Alfa amilasa
C	Ácido sulfúrico
D	Agua / Agua y digestato
E	Glucoamilasa
F	Antibiótico
G	Mosto fermentado

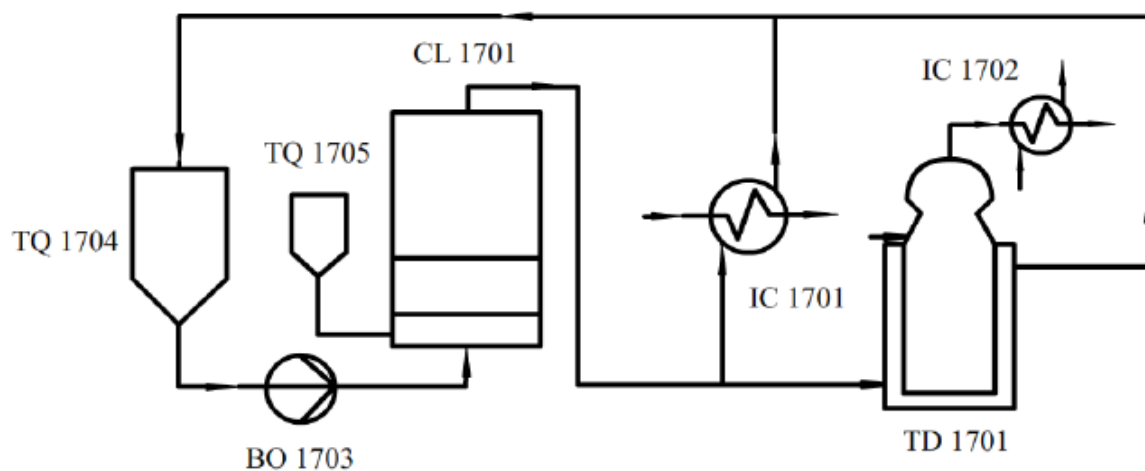


Figura 2: Diagrama de flujo del sistema de calentamiento.

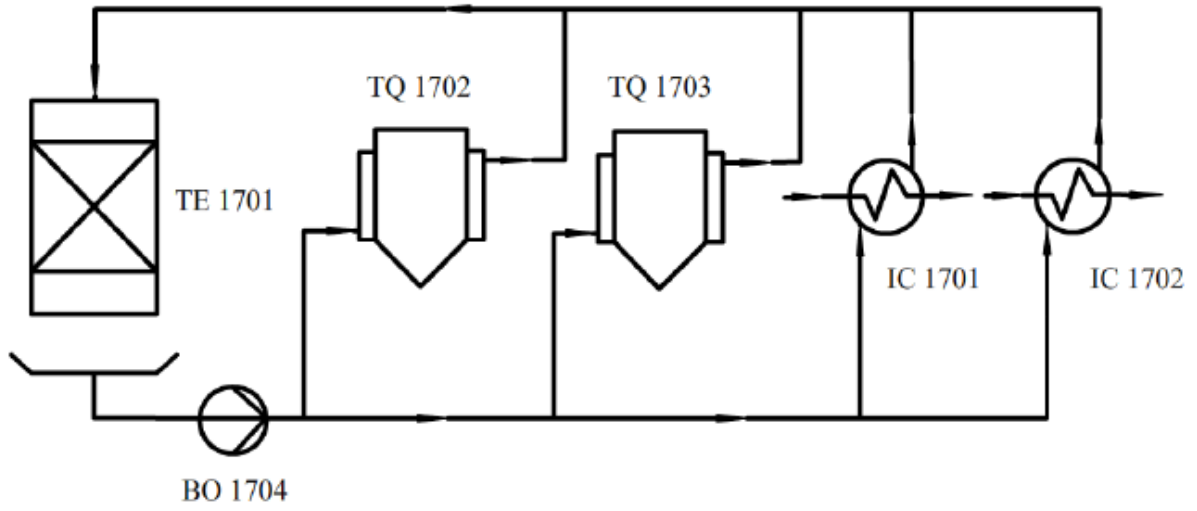


Figura 3: Diagrama de flujo del sistema de enfriamiento.



Figura 4: Zonytest

## ANEXO II

Recopilación de datos durante los ensayos:

### EXPERIENCIA 1

Tabla 1: Datos recopilados durante la experiencia 1.

MOLIENDA 1: 0.5 minutos	TAMICES	DIÁMETRO MALLA (μm)	PESO TAMIZ VACÍO (g)	PESO TAMIZ + MUESTRA (g)	DIÁMETRO MEDIO (μm)	% RETENIDO = RECHAZO FUNCIÓN DIFERENCIAL	FUNCIÓN ACUM RECHAZO
	12	1680,00	357,00	376,00	1000,59	1,90	0,08
	16	1180,00	352,20	423,60		7,14	0,37
	20	850,00	340,60	392,60		5,20	0,58
	30	600,00	331,60	383,00		5,14	0,79
	40	425,00	310,80	328,80		1,80	0,86
	60	250,00	291,20	315,40		2,42	0,96
	70	212,00	290,00	297,00		0,70	0,99
	80	177,00	286,40	288,80		0,24	1,00
	100	149,00	281,60	282,60		0,10	1,00
Colector		415,40	415,60	0,02		1,00	

MOLIENDA 2: 2.5 minutos	TAMICES	DIÁMETRO MALLA (μm)	PESO TAMIZ VACÍO (g)	PESO TAMIZ + MUESTRA (g)	DIÁMETRO MEDIO (μm)	% RETENIDO = RECHAZO FUNCIÓN DIFERENCIAL	FUNCIÓN ACUM RECHAZO
	12	1680,00	357,60	372,00	925,47	1,56	0,06
	16	1180,00	352,80	412,60		6,46	0,29
	20	850,00	340,60	391,20		5,47	0,49
	30	600,00	331,60	389,60		6,27	0,72
	40	425,00	310,80	345,40		3,74	0,86
	60	250,00	291,40	316,80		2,74	0,96
	70	212,00	290,00	295,20		0,56	0,98
	80	177,00	286,20	288,60		0,26	0,99
	100	149,00	281,40	282,60		0,13	1,00
Colector		415,20	416,00	0,09		1,00	



MOLIENDA 3: 5 minutos	TAMICES	DIÁMETRO MALLA (μm)	PESO TAMIZ VACÍO (g)	PESO TAMIZ + MUESTRA (g)	DIÁMETRO MEDIO (μm)	% RETENIDO = RECHAZO	FUNCIÓN ACUM RECHAZO
						FUNCIÓN DIFERENCIAL	
	12	1680,00	357,20	377,80	992,73	2,08	0,08
	16	1180,00	352,00	422,20		7,07	0,36
	20	850,00	340,40	390,60		5,06	0,57
	30	600,00	331,40	379,40		4,84	0,76
	40	425,00	310,80	336,00		2,54	0,86
	60	250,00	291,40	314,80		2,36	0,95
	70	212,00	290,00	296,40		0,64	0,98
	80	177,00	286,40	289,80		0,34	0,99
100	149,00	281,40	282,60	0,12		1,00	
Colector		415,20	415,60	0,04		1,00	

## EXPERIENCIA 2

Tabla 2: Datos recopilados durante la experiencia 2.

MOLIENDA 1: 0.5 minutos	TAMICES	DIÁMETRO MALLA (μm)	PESO TAMIZ VACÍO (g)	PESO TAMIZ + MUESTRA (g)	DIÁMETRO MEDIO (μm)	% RETENIDO = RECHAZO	FUNCIÓN ACUM RECHAZO
						FUNCIÓN DIFERENCIAL	
	12	1680,00	357,20	377,40	1019,40	1,98	0,08
	16	1180,00	352,00	424,60		7,12	0,37
	20	850,00	340,60	394,80		5,32	0,59
	30	600,00	331,80	384,80		5,20	0,80
	40	425,00	311,00	333,80		2,24	0,89
	60	250,00	291,40	310,00		1,82	0,97
	70	212,00	290,20	295,40		0,51	0,99
	80	177,00	286,40	288,20		0,18	1,00
100	149,00	281,40	282,00	0,06		1,00	
Colector		415,20	415,40	0,02		1,00	

MOLIENDA 3: 2.46 minutos	TAMICES	DIÁMETRO MALLA (μm)	PESO TAMIZ VACÍO (g)	PESO TAMIZ + MUESTRA (g)	DIÁMETRO MEDIO (μm)	% RETENIDO = RECHAZO	FUNCIÓN ACUM RECHAZO
						FUNCIÓN DIFERENCIAL	
	12	1680,00	357,20	371,40	943,01	1,51	0,06
	16	1180,00	352,20	414,80		6,64	0,31
	20	850,00	340,40	392,60		5,54	0,52
	30	600,00	331,60	388,20		6,00	0,74
	40	425,00	311,00	342,00		3,29	0,87
	60	250,00	291,40	315,60		2,57	0,96
	70	212,00	290,00	295,40		0,57	0,99
	80	177,00	286,20	288,60		0,25	1,00
100	149,00	281,40	282,20	0,08		1,00	
Colector		415,20	415,60	0,04		1,00	

MOLIENDA 4: 5 minutos	TAMICES	DIÁMETRO MALLA (μm)	PESO TAMIZ VACÍO (g)	PESO TAMIZ + MUESTRA (g)	DIÁMETRO MEDIO (μm)	% RETENIDO = RECHAZO	FUNCIÓN ACUM RECHAZO
						FUNCIÓN DIFERENCIAL	
	12	1680,00	357,20	378,20	986,96	2,13	0,08
	16	1180,00	352,20	421,20		6,99	0,36
	20	850,00	340,60	390,20		5,03	0,56
	30	600,00	331,40	379,20		4,84	0,75
	40	425,00	311,00	337,60		2,70	0,86
	60	250,00	291,40	317,60		2,65	0,96
	70	212,00	290,00	295,60		0,57	0,98
	80	177,00	286,40	288,80		0,24	0,99
100	149,00	281,40	282,60	0,12		1,00	
Colector		415,00	415,60	0,06		1,00	

### EXPERIENCIA 3

Tabla 3: Datos recopilados durante la experiencia 3.

MOLIENDA 1: 0.5 minutos	TAMICES	DIÁMETRO MALLA (µm)	PESO TAMIZ VACÍO (g)	PESO TAMIZ + MUESTRA (g)	DIÁMETRO MEDIO (µm)	% RETENIDO = RECHAZO	FUNCIÓN ACUM RECHAZO
						FUNCIÓN DIFERENCIAL	
	12	1680,00	357,40	380,00	1010,24	2,24	0,09
	16	1180,00	352,40	423,20		7,01	0,37
	20	850,00	340,60	392,20		5,11	0,58
	30	600,00	331,60	378,40		4,63	0,77
	40	425,00	311,00	338,80		2,75	0,88
	60	250,00	291,40	312,40		2,08	0,96
	70	212,00	290,20	295,80		0,55	0,99
	80	177,00	286,40	288,80		0,24	1,00
100	149,00	281,60	282,40	0,08		1,00	
Colector		415,20	415,60	0,04		1,00	

MOLIENDA 2: 30 minutos	TAMICES	DIÁMETRO MALLA (µm)	PESO TAMIZ VACÍO (g)	PESO TAMIZ + MUESTRA (g)	DIÁMETRO MEDIO (µm)	% RETENIDO = RECHAZO	FUNCIÓN ACUM RECHAZO
						FUNCIÓN DIFERENCIAL	
	12	1680,00	357,20	370,80	933,56	1,46	0,05
	16	1180,00	352,60	413,00		6,47	0,29
	20	850,00	341,00	393,20		5,59	0,50
	30	600,00	331,60	391,40		6,41	0,74
	40	425,00	310,80	344,60		3,62	0,88
	60	250,00	291,40	314,20		2,44	0,97
	70	212,00	290,00	295,20		0,56	0,99
	80	177,00	286,40	288,60		0,24	1,00
100	149,00	281,80	282,60	0,09		1,00	
Colector		415,40	415,80	0,04		1,00	

MOLIENDA 3: 60 minutos	TAMICES	DIÁMETRO MALLA (μm)	PESO TAMIZ VACÍO (g)	PESO TAMIZ + MUESTRA (g)	DIÁMETRO MEDIO (μm)	% RETENIDO = RECHAZO	FUNCIÓN ACUM RECHAZO
						FUNCIÓN DIFERENCIAL	
	12	1680,00	357,40	377,00	997,26	1,97	0,08
	16	1180,00	352,40	422,60		7,04	0,36
	20	850,00	340,60	396,40		5,60	0,58
	30	600,00	331,60	379,80		4,83	0,78
	40	425,00	311,00	330,20		1,93	0,85
	60	250,00	291,60	316,00		2,45	0,95
	70	212,00	290,00	297,20		0,72	0,98
	80	177,00	286,40	289,40		0,30	0,99
100	149,00	281,60	282,60	0,10		1,00	
Colector		415,20	415,80	0,06		1,00	