

## **Diseño, construcción y puesta en funcionamiento de un alambique modificado de acero inoxidable a nivel de laboratorio**

**M. Otiniano<sup>1</sup>, P. Romero<sup>2</sup>, A. Garrido<sup>1</sup>, R. Flores<sup>3</sup>, E. Deza<sup>3</sup>, J. Cárdenas<sup>2</sup>,  
J. Lombira<sup>1</sup>, V. Mori<sup>4</sup>, K. Meneses<sup>4</sup>**

(Recibido 29/08/2015 / Aceptado 21/10/2015)

### **RESUMEN**

Se presenta en el presente trabajo las características principales del alambique modificado de acero inoxidable a nivel de laboratorio, construido en un proyecto de investigación del año 2014. La puesta en funcionamiento se hicieron con ensayos de mosto fermentado de uva quebranta proveniente del Valle de Lunahuana, Cañete, obteniéndose pisco de aceptable calidad.

**Palabras clave:** Pisco, destilación discontinua simple, alambique.

### **Design, construction and operation of a modified stainless steel still at the laboratory scale**

### **ABSTRACT**

We present in this paper the main characteristics of the modified stainless steel still at the laboratory scale, built in a research project in 2014. The implementation is made with fermented grape must Quebranta from Valley Lunahuana, Cañete, obtaining acceptable quality pisco.

**Keywords:** Pisco, batch distillation simple, alembic.

---

1 motinianoc@unmsm.edu.pe. Departamento de Operaciones Unitarias, FQIQ, UNMSM.

2 Departamento de Análisis y Diseño de Procesos, FQIQ, UNMSM.

3 Departamento de Química Inorgánica, FQIQ, UNMSM.

4 Alumnos de la E.A.P. de Ingeniería Química, FQIQ, UNMSM.

## I. INTRODUCCIÓN

El pisco es una denominación que se reserva para la bebida alcohólica perteneciente a una variedad de aguardiente de ikuvas (brandy) que es producida en el Perú desde finales del siglo XVI. Es considerada la bebida destilada típica del Perú que es elaborada a partir de la uva y es uno de los productos bandera peruanos.

La producción nacional de pisco en el período de 1995 al 2012 alcanzó un crecimiento acumulado del 487 %<sup>[1]</sup>, alcanzándose en el 2013 una producción de 7.2 millones de litros. En el caso de las exportaciones de pisco se alcanzó un crecimiento exponencial en el período del 2002 al 2012 al presentar una tasa acumulada de 6 mil 507 %<sup>[2]</sup>. En el año 2014 se alcanzó exportar pisco por un valor de 5.4 millones de dólares, siendo el principal destino Chile con 1.8 millones de dólares, seguido de Estados Unidos con 1.7 millones de dólares. En los primeros ocho meses del año 2015 la exportación de pisco alcanzó los 4.8 millones de dólares, representando un incremento del 39.4 % respecto a un similar período en el 2014. En el presente año el 35.4 % del pisco exportado fue hacia los Estados Unidos, mientras que la exportación hacia Chile significó el 34.4% del total exportado. El pisco se exporta a otros 39 países, entre los cuales se encuentran: Reino Unido, España, Colombia, Ecuador, Panamá, Alemania, Italia, Francia, Japón, etc. Las principales empresas exportadoras fueron: Bodegas y Viñedos Taberero S.A.C., Destilería La Caravedo S.R.L., Viña Tacama S.A., Santiago Queirolo S.A.C., Bodegas Viñas de Oro S.A. y otras.

En este trabajo presentamos el alambique a nivel de laboratorio modificado de acero inoxidable construido en el año 2014 debido al Proyecto Sin-Sin, y su puesta en funcionamiento con dos corridas experimentales para obtener pisco a partir de uva quebranta.

## MARCO TEÓRICO

Según el Reglamento de la Denominación de Origen del Pisco<sup>[3]</sup>, define al “pisco como el producto obtenido exclusivamente por destilación de mostos frescos de “uvas pisqueras” recientemente fermentados, utilizando métodos que mantengan los principios tradicionales de calidad; y producido en la costa de los departamentos de Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y los Valles de Locumba, Sama y Caplina del Departamento de Tacna”.

Se reconocen los siguientes tipos de pisco<sup>[3]</sup>:

1. Pisco puro: es el pisco obtenido exclusivamente de una sola variedad de uva pisquera.
2. Pisco mosto verde: es el pisco obtenido de la destilación de mostos frescos de uvas pisqueras con fermentación interrumpida.
3. Pisco acholado: es el pisco obtenido de la mezcla de:
  - Uvas pisqueras, aromáticas y/o no aromáticas.
  - Mostos de uvas pisqueras aromáticas y/o no aromáticas.
  - Mostos frescos completamente fermentados (vinos frescos) de uvas pisqueras aromáticas y/o no aromáticas.
  - Piscos provenientes de uvas pisqueras aromáticas y/o no aromáticas.

De acuerdo al Reglamento de la Denominación del Origen del Pisco, el pisco deberá ser elaborado utilizando únicamente las denominadas uvas pisqueras las cuales son las siguientes:

1. Quebranta.
2. Negra Criolla.
3. Mollar.
4. Italia.

5. Moscatel.
6. Albilla.
7. Torontel.
8. Uvina.

Son consideradas uvas no aromáticas las uvas Quebranta, Negra Criolla, Mollar y Uvina. Mientras que las uvas Italia, Moscatel, Albilla y Torontel son consideradas aromáticas.

Sobre los equipos a utilizar el Reglamento de la Denominación del Origen del Pisco señala que: "La elaboración de pisco será por destilación directa y discontinua, separando las cabezas y colas para seleccionar únicamente la fracción central del producto llamado cuerpo o corazón. Los equipos serán fabricados de cobre o estaño; aunque se pueden utilizar pailas de acero inoxidable". No se permiten equipos de destilación con columnas rectificadoras.

Entre los equipos de destilación permitidos por el Reglamento se tiene:

### FALCA

Consta de una olla o paila donde se calienta el mosto de la uva y los vapores pasan por un largo tubo llamado "cañón" que es expuesto a una alberca con agua, que actúa como refrigerante, en el extremo del tubo se recoge el pisco. El Reglamento permite el uso de un serpentín sumergido en la misma alberca o un segundo tanque con agua de renovación continua conectando con el extremo del tubo largo. Es un equipo muy rústico y artesanal. En este equipo el nivel de condensación es menor de los vapores, y por otro lado no tiene reflujo interno por lo que todo el vapor que genera el mosto pasa por el tubo largo y se condensará al final como pisco. Esto tiene sus inconvenientes ya que permite que los compuestos indeseables pasen sino que inclusive se intensifiquen en el producto final.

En la Figura 1 se puede ver un esquema de este equipo.

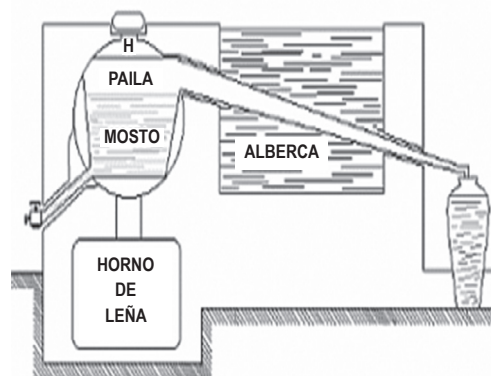


Figura 1. Falca.

### CALIENTA VINOS

Llamado también alambique francés, alambique charentais consta:

1. Caldera o paila que tiene forma recta o de cebolla.
2. Capitel es la forma bombeada que está conectada con la paila o caldera. Es un elemento de rectificación interna y que en la medida que su tamaño aumenta y adquiere una forma que se asemeja a una cebolla aumenta el reflujo interno y modifica las características del producto.
3. El cuello del cisne es el conducto o tubería que está conectado con el capitel y sirve para conducir los vapores alcohólicos hacia el Calienta vinos.
4. Calienta vinos o "Calentador" es el recipiente que está entre la paila y el serpentín de refrigeración. Tiene un serpentín interno que está conectado con el cuello de cisne. Es considerado un equipo que ahorra energía.
5. Serpentín de refrigeración está al final del equipo y cuya finalidad es condensar los vapores utilizando el agua como refrigerante.

El mosto de la uva es colocado tanto en la caldera o paila y en el “calienta vinos”. Al calentarse la caldera el mosto produce los vapores alcohólicos los cuales pasan por el capitel y el cuello del cisne llegando al “calienta vinos” donde pasan por un serpentín instalado en su interior, donde calientan el mosto allí depositado, para luego continuar hasta el serpentín de refrigeración para obtener el producto final. El “Calienta vinos” está conectado con la caldera por una tubería, por lo que al finalizar la destilación del mosto depositado en la caldera, el mosto calentado del “Calienta vinos” se traspasa a la caldera para realizar una segunda destilación. Un esquema del equipo completo se presenta en la Figura 2.

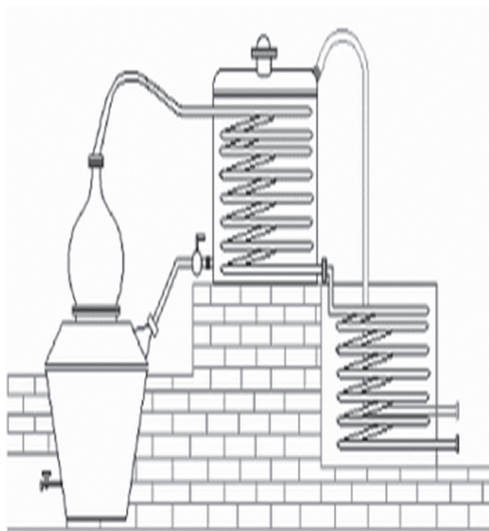


Figura 2. Calienta vinos

## ALAMBIQUE

Llamado alambique simple consta:

1. Olla, paila o caldero, donde se calienta el mosto recientemente fermentado.
2. Capitel, cachimba o sombrero de moro que funciona como un elemento de reflujo interno.
3. Cuello de cisne por donde pasan los vapores provenientes del mosto calentado en la caldera. Dichos vapores se llevan directamente al serpentín para ser condensados.

4. Serpentín de refrigeración adonde llegan los vapores y son condensados por un intercambio de calor con agua fría.

Un esquema del alambique se presenta en la Figura 3.

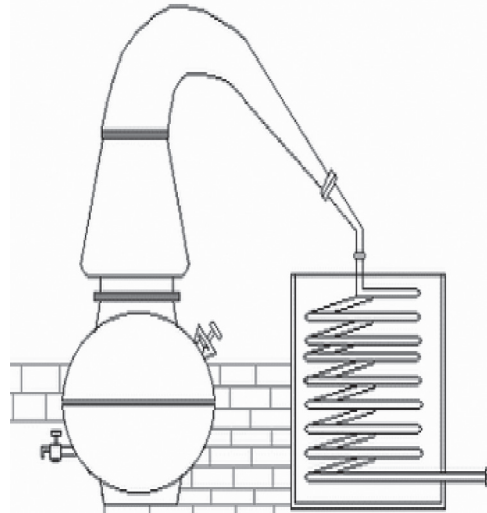


Figura 3. Alambique.

El mosto de la uva es colocado en la olla o caldera y calentado por lo que produce vapores que pasan por el capitel, donde parte del vapor se condensa y regresa a la caldera. Ese vapor que se condensa en el capitel está compuesto principalmente de ciertos componentes poco volátiles, y que pueden ser nefastos para las características finales del producto. Los vapores que pasan por el capitel van al cuello de cisne donde son llevados al serpentín de refrigeración donde intercambia calor con el agua fría, lo cual permite condensar los vapores y obtener el producto final.

El metal más ampliamente utilizado para la construcción de alambiques simples como el alambique calienta vinos es el cobre. Este material presenta las siguientes ventajas:

- Es muy maleable.
- Muy buen conductor de calor.
- Es resistente a la corrosión.
- Es un catalizador para ciertas reacciones químicas y de acomplejamiento de moléculas como tioles, mercaptanos y ácidos grasos que son poco agradables a nivel de sabor y aroma<sup>[4]</sup>.



Figura 4. Alambique de cobre.

### ALAMBIQUE CONSTRUIDO

Se presentan las características del alambique simple modificado construido en acero inoxidable dentro del Proyecto Sin Sin 2014 “Diseño y construcción de un alambique de acero inoxidable para la producción de pisco”.

El caldero tiene las siguientes características:

- Es de acero inoxidable.
- Tiene una capacidad de 13 litros.
- Tiene una resistencia externa de 2000 W fijada al fondo del caldero.
- Tiene forma bombeada.
- Con brida en el tope para conectar el capitel.
- Con tubería y válvula de desfogúe.
- Con visor para ver el nivel del mosto.
- Tiene conexión para instalar una termocupla para medir la temperatura cuando se caliente el mosto de la uva en el caldero.
- De tres patas.

En la Figura 5 se puede ver una foto del alambique construido.



Figura 5. Caldera.

En la Figura 6 se puede apreciar la válvula de desfogúe para la limpieza del caldero una vez terminada la operación.. Se puede ver el medidor de nivel para control de la operación.

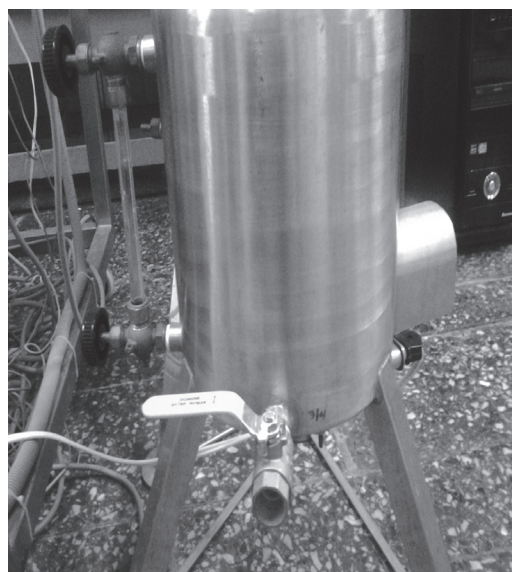


Figura 6. Válvula de desfogúe y medidor de nivel.

El capitel presenta las siguientes características:



- Es de acero inoxidable.
- Tiene una forma bombeada lo cual permite un cierto nivel de reflujo interno.
- Con brida en ambos extremos para ser conectada con la caldera y el cuello de cisne.
- Cuenta con dos asas para facilitar su instalación.
- Cuenta con conexión para instalar una termocupla que permita medir la temperatura en el capitel.

Se puede ver en la Figura 7 una foto del capitel.



Figura 7. Capitel de acero inoxidable.

Se ha adicionado al alambique una pequeña columna empacada de acero inoxidable, que tiene como empaque interior anillos de cobre. Tiene bridas en sus extremos para conectarse con el capitel y el cuello de cisne. Se propone su uso como un elemento de reflujo interno o rectificación ya sea unido directamente al caldero o unido al capitel. Cuenta con una conexión para termocupla y poder medir la temperatura en dicha columna. En la Figura 8 se puede ver una foto de la columna empacada.



Figura 8. Columna empacada.

El equivalente al “cuello de cisne” en el caso del alambique construido, es de acero inoxidable y se expande al principio para luego contraerse y unirse por medio de un tubo largo al serpentín de refrigeración. Cuenta con brida en uno de los extremos para conectarse ya sea con el capitel o con la columna empacada.

Una foto del “cuello de cisne” se puede ver en la Figura 9.



Figura 9. Cuello de cisne de acero inoxidable.

El serpentín de refrigeración consta de un recipiente de acero inoxidable donde al interior se encuentra el serpentín de cobre por donde circulan los vapores provenientes del caldero. Está unido como se puede ver en la Figura 10 con el cuello de cisne mediante brida y se une con el serpentín de cobre. Se puede ver las válvulas de entrada y salida del agua de refrigeración. En la Figura 11 se puede ver el interior del serpentín de refrigeración, donde el tubo que se va a utilizar para la condensación de los vapores es de cobre.



Figura 10. Tanque que soporta el serpentín.



Figura 11. Serpentín de cobre.

Finalmente en la Figura 12 se puede ver la salida del producto condensado una vez que ha pasado por el serpentín de refrigeración.



Figura 12. Salida del producto condensado.

A este equipo se le ha añadido un reóstato que permite graduar el nivel de la resistencia externa ubicada debajo del caldero. Lo que permite acelerar o reducir la velocidad de destilación. También se le ha añadido sensores para medir la temperatura tanto en el caldero, capitel y columna empacada, que están unidos a una pantalla donde se pueden observar las temperaturas. Todo esto se puede ver en la Figura 13 donde se muestra la foto del equipo completo con los aditamentos señalados.

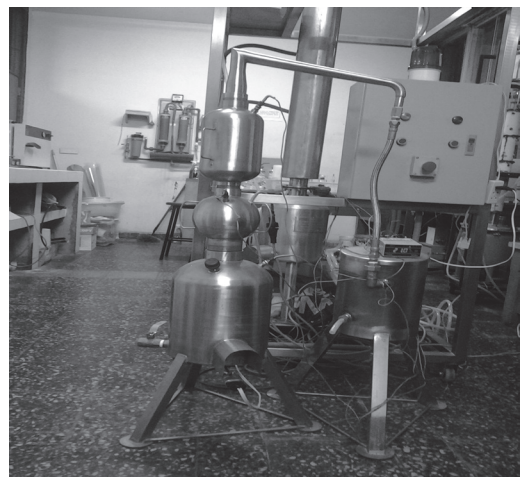


Figura 13. Alambique con las termocuplas y la pantalla para medir las temperaturas.

El equipo construido presenta una gran flexibilidad ya que como se ha descrito anteriormente, al tener partes que tienen bridas estas se pueden sacar o conectar de acuerdo a las investigaciones que se deseen realizar. Así:

- Puede trabajar de la manera que se puede observar en las fotografías que se presentan con la columna empacada.
- También puede trabajar como alambique simple quitándole la columna empacada y conectando el capitel y el tubo conector o “cuello de cisne” con el serpentín de refrigeración.
- Se le podría construir un tubo conector de acero inoxidable con brida para que se pueda conectar directamente con la caldera, eliminando el capitel, y conectándolo con el serpentín de refrigeración, de manera que el equipo pueda funcionar como una falca.
- Se le puede construir un depósito de acero inoxidable cubierto con una tubería que se conecte al caldero. A través de dicho depósito podría atravesar el tubo conector de acero inoxidable y conectarse directamente con el serpentín de refrigeración, por lo que se tendría el alambique calienta vinos.

## SECCIÓN EXPERIMENTAL

El alambique completo como se muestra en la Figura N° 13 fue puesto en funcionamiento con la obtención de pisco a partir de una muestra de uva quebranta procedente del Valle de Lunahuana, Cañete. Dicha muestra de uvas fueron limpiadas, estrujadas y luego fermentadas por cerca de 15 días, obteniéndose el mosto que fue dividido en dos porciones, llamadas Muestra A y Muestra B, para ser destilados en el alambique modificado como se muestra en la Figura 13 pero no se utilizó el empaque de cobre en la columna. En la destilación se hizo un corte inicial en los primeros tres minutos

para eliminar lo que se denomina “cabeza”, y luego se siguió destilando para obtener el llamado “cuerpo”. En la Tabla 1 se tienen los datos del volumen de mosto utilizado, así como el volumen de pisco obtenido y el grado alcohólico final de cada muestra.

Tabla 1. Datos del mosto y pisco.

	Muestra A	Muestra B
Volumen mosto (L)	11,400	10,800
Volumen de pisco (L)	1,790	1,820
Grado alcohólico final	41°	43°

Las dos muestras de piscos obtenidas, luego fueron dejadas en reposo por tres meses en recipientes de vidrio, para dejar que sus características y propiedades se establezcan. Luego las muestras fueron analizadas en los ensayos que recomienda el Reglamento de Denominación de Origen del Pisco como son:

Tabla 2. Métodos de ensayo.

Ensayo	Método
Acidez volátil	NTP 211.035 2003
Metanol	NTP 211.035 2003
Alcoholes superiores	NTP 211.035 2003
Acetaldehído	NTP 211.035 2003
Esteres	NTP 211.035 2003
Furfural	NTP 211.035 2003

Tales análisis mencionados en la Tabla 2 fueron realizados en los laboratorios de La Molina Calidad Total, perteneciente a la Universidad Agraria La Molina. Mientras que los análisis para la determinación de cobre en pisco fueron hechos por absorción atómica, en la Unidad de Servicios de Análisis Químicos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

## RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para los dos muestras con sus correspondientes límites de acuerdo al Reglamento de Denominación de Origen del Pisco.



**Tabla 3.** Resultados de los análisis de los piscos obtenidos.

Análisis	Mínimo	Máximo	Muestra A	Muestra B
Grado Alcohólico	38,0	48,0	41,0	43,0
Acidez volátil como ácido acético (mg/100mL alcohol anhidro)	----	200,0	22,0	14,0
Alcohol metílico (mg/100 mL alcohol anhidro)	4,0	100,0	122,1	104,3
Aldehídos como acetaldehído (mg/100 mL alcohol anhidro)	3,0	60,0	23,5	9,0
Esteres como acetato de etilo (mg/100 mL alcohol anhidro)	10,0	280,0	26,3	29,2
Furfural (mg/100 mL alcohol anhidro)	---	5,0	0,0	0,0
Alcoholes superiores totales (mg/100 mL alcohol anhidro)	60,0	350,0	414,1	423,3
Cobre (ppm)	----	2,0	1.62	1.79

Los resultados muestran que en cuanto a grado alcohólico, ácidos volátiles, ésteres, furfural y aldehídos, los piscos obtenidos están dentro de los límites que exigen el Reglamento. En cambio, en cuanto a alcohol metílico presenta valores ligeramente por encima del límite superior en las dos muestras.

En cuanto a alcoholes superiores en las dos muestras presentan valores altos respecto al límite superior. Esto puede deberse a que el corte de la llamada "cabeza" se hizo en un tiempo muy corto y que debió alargarse un poco más el tiempo para evitar que los piscos obtenidos tengan dichos valores altos.

Respecto a la presencia de cobre en pisco, ya que no es mencionada en el Reglamento de Denominación de Origen del Pisco, se utilizó la Norma Técnica NTP 211.049.2014, que trata los requisitos de metales pesados en bebidas alcohólicas. Como se puede observar, en las dos muestras se observa que los valores están por debajo del valor máximo permisible. En general se han obtenido piscos de nivel aceptable en cuanto a los requisitos físicoquímicos que pide el Reglamento de Denominación de Origen del pisco, lo que demuestra la utilidad del alambique construido para el estudio de la destilación de mostos fermentados de uva.

## CONCLUSIONES

Se ha logrado diseñar, construir y poner en funcionamiento un alambique simple modifi-

cado de acero inoxidable a nivel de laboratorio para la destilación de frutas fermentadas y la obtención de bebidas alcohólicas.

El alambique simple modificado fue ensayado en la destilación de mostos fermentados de uva quebranta procedente del Valle de Lunahuana, Cañete, obteniéndose un pisco de nivel aceptable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INEI. "Producción de pisco creció 118%". Página Web: <http://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-pisco-crecio-en-118/>. Consultada el día primero de octubre del 2015.
2. Diario Gestión. "Chile y EE.UU son los principales destinos del pisco peruano". Página web: <http://gestion.pe/mercados/pisco-peruano-chile-y-eeuu-son-principales-destinos-2122797>. Consultada el día primero de octubre del 2015.
3. Reglamento de la Denominación de Origen del Pisco. Lima: Indecopi2012.
4. Flanzky C. Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos. Segunda edición. Madrid: A. Madrid Vicente Ediciones; 2003.
5. Aleixandre Benavent J. L., Aleixandre Tudó J. L. Manual de Vinos y Bebidas. México: Editorial Limusa; 2011.