

## **Destilador de agua grado III portátil de fácil instalación, para la pintura tipo cromo y usos caseros e industriales**

### ***(Grade III portable water distiller for easy installation, for Chrome type painting and home and industrial uses)***

Freddy David Castro-Garcés<sup>1</sup>, Fernando Valencia<sup>2</sup>, Diego Ortiz<sup>3</sup>

#### **Resumen:**

El presente trabajo es la construcción de un sistema de agua destilada eléctrico y portátil, para prácticas de laboratorio, utilizando materiales fáciles de obtener en el medio local. Está constituido por una caldera con una tarjeta para el control electrónico donde se calienta el agua hasta que se evapora canalizándola a través de una tubería, alcanzando un recipiente de destilado en donde se condensa el agua para ser almacenada. Los parámetros de pureza del agua obtenida es de grado III, comprobada mediante un medidor de conductividad, apta para proceso industriales donde se requiera agua tratada por destilación simple como el cromado de plásticos, baterías, radiadores, limpia parabrisas o para usos caseros como humidificadores, planchas, peceras, acuarios, entre otros..., siendo un prototipo sencillo, versátil y de bajo costo de gran utilidad para universidades, laboratorios, talleres y hogares.

**Palabras clave:** Agua; Destilación; Sistema; Electrónico; Cromo.

#### **Abstract:**

The present work is the construction of an electric and portable distilled water system for laboratory practices, using materials that are easy to obtain in the local environment. It is constituted by a boiler with an electronic control board where the water is heated until it is evaporated through a pipe, reaching a distillation vessel where the water is condensed to be stored. The parameters of the purity of the water obtained are of grade III, verified with a conductivity meter, suitable for the industrial process where the water treated by simple distillation as the chromium of plastics, batteries, radiators, windscreen wipers or for home uses is required Like humidifiers, irons, aquariums, among others ..., being a simple prototype, versatile and of low cost of great utility for universities, laboratories, workshops and homes.

**Keywords:** Water; Distillation; System; Electronic; Chrome.

## **1. Introducción**

El destilador de agua grado III portátil de fácil instalación, para la pintura tipo cromo y usos caseros e industriales es una máquina prototipo para la purificación del agua en los rangos de (1 a 5)  $[\mu S/cm]$ . El objetivo de este proyecto es la utilización del agua destilada en los procesos de cromado por aspersion en los Laboratorios de Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte.

---

<sup>1</sup> Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador (fdcastro@utn.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador (fvvalencia@utn.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador (dlortiz@utn.edu.ec)

El agua dulce es parte fundamental de los diferentes procesos industriales, se destina en promedio un 20% del consumo mundial a estas actividades (European Journal of Clinical Nutrition, 2007). En los procesos químicos de reacción se emplea agua purificada, hecho que implica la eliminación del material disuelto o en suspensión en el agua. Los iones, cationes o aniones, interfieren contaminando el depósito metálico de cromado sobre una determinada superficie. Éstos iones vienen por defecto en el agua, debido a los agentes externos que actúan sobre ella. Entre los iones más comunes se tienen los que en la *tabla 1* se detallan.

**Tabla 1.** Tipos de iones más comunes que contaminan el proceso de cromado.

TIPO DE ION	IONES MÁS COMUNES
<b>Catión</b>	$Ca^{+2}; Mg^{+2}; Fe^{+2}; Mn^{+2}; Na^{+}; K^{+};$ y $NH_4^{+}$ .
<b>Anión</b>	$HCO_3^{-}; SO_4^{-2}; Cl^{-}; NO_3^{-};$ y $OH^{-}$

Fuente: (Torres, 2015)

Los iones permiten el paso de corriente eléctrica en una sustancia dada, por lo que mientras más pura es el agua a usar, menos capacidad de conducción eléctrica tendrá y viceversa. Los valores de conductividad eléctrica dentro de los cuales el agua es apta para el proceso de cromado se resumen en la *tabla 2*.

**Tabla 2.** Agua para uso en el proceso de cromado.

GRADO	RESISTIVIDAD [[ $M\Omega \cdot cm$ ]]	CONDUCTIVIDAD [[ $\mu S/cm$ ]]
<b>I</b>	De 10 en adelante	De 0 hasta 0,1
<b>II</b>	De 1 hasta 10	De 0,1 hasta 1
<b>III</b>	De 0,2 hasta 1	De 1 hasta 5

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013)

Los métodos de purificación de agua son por adsorción, desionización, destilación, filtración con membranas y ósmosis inversa. Dado que el cromado por aspersion solo requiere agua de grado III, se opta por escoger el método de destilación en el que se calienta el agua hasta evaporarla y condensarla eliminando material orgánico no volátil, impurezas inorgánicas y microorganismos. (Fuentes Arderiu, Castiñeiras Lacambra, & Queraltó Compañó, 1998)

Actualmente en la zona norte del país no existe una máquina que genere agua destilada de grado III para ensayos de laboratorio de bajo costo.

Para la solución de este problema se implementa un destilador de agua portátil de fácil instalación con elementos fácilmente adquiribles en el medio local de la ciudad de Ibarra.

## 2. Metodología

Existen diferentes formas para destilar el agua y se detallan en la *tabla 3*.

**Tabla 3.** Diferentes procesos para la obtención del agua destilada.

PROCESO	CARACTERÍSTICAS
<b>Destilación de agua mediante botellas de vidrio</b>	Dos botellas de vidrio unidas por sus cuellos, una de ellas curvada en su cuello y de ellas llena con agua común hasta 10 $[[cm]]$ de su tope, son introducidas en un recipiente lleno con suficiente agua que cubra la botella que tiene agua dentro, se debe calentar el agua en su interior logrando que el vapor se traslade de una botella a la otra colectando el agua evaporada sin minerales. Adicionalmente para acelerar la condensación del agua se pone una bolsa de hielos encima de la botella que no contiene agua.
<b>Destilación de agua mediante un contenedor de vidrio</b>	En el interior de un recipiente metálico llena de agua hasta la mitad de su capacidad, se pone un tazón de vidrio sin que llegue al fondo de la misma (debe estar a flote sobre una rejilla) y la tapa del recipiente se debe colocar en posición inversa y poner hielo para condensar el vapor rápidamente. Se debe calentar el recipiente y el agua en su interior y recolectar el agua evaporada sin minerales.
<b>Destilación de agua mediante la lluvia</b>	No es proceso sino la forma de obtención de agua natural, que viene desde tiempos inmemoriales.
<b>Destilación de agua mediante un alambique</b>	Mediante tubería de cobre y dos recipientes conectados se llena de agua uno de ellos y se lo calienta hasta que el vapor emerja y se condense en el otro recipiente, obteniendo agua evaporada sin minerales.

Fuente: (Avila, Connolly, Furtado, & Ebanda, S.f.)

La forma tradicional de destilación por medio de un alambique, el proceso de evaporización y condensación es la mejor alternativa, ya que es más eficiente y se logra almacenar de manera más efectiva el agua destilada.

En la *figura 1*, se puede visualizar un esbozo del diseño de la destilación del agua mediante un alambique.



**Figura 1.** Boceto del diseño del destilador de agua.

El sistema consta de un recipiente hermético (caldera), donde se calienta el agua hasta evaporarla a una temperatura de 100  $[[^{\circ}C]]$ , un sistema de tubería en forma de serpentín y un recipiente de

destilado que sirve para condensar el agua. A la tubería de cobre se le da forma de serpentín para obtener un mayor recorrido y por tanto un mayor tiempo de enfriamiento del vapor.

## 2.1. Caldera

La caldera consta de un recipiente a presión, resistencia eléctrica térmica y un circuito de control. Este recipiente se encuentra cerrado herméticamente, ayuda a hervir el agua, permitiendo el cambio de estado de líquido a gaseoso, ese vapor se libera por la espiga del recipiente a presión y es enviado a través de una tubería en forma de alambique que posteriormente hace que el vapor se enfríe y cambie su estado nuevamente a líquido, logrando así eliminar residuos metálicos u orgánicos que el agua de la red pública posee.

La cantidad de agua destilada requerida para cromar una pieza con un área de  $(20 \times 20) \text{ [cm}^2\text{]}$ , es de 1,25 [L]. Por tanto, se necesita de un recipiente que albergue un volumen aproximado. En el mercado existe recipientes a presión, que se adaptan al volumen requerido (véase *tabla 4*).

**Tabla 4.** Características del recipiente a presión.

RECIPIENTE A PRESIÓN	
Volumen del recipiente a presión	6 [L]
Volumen recomendado máximo de agua	4,5 [L]
Presión de funcionamiento	79,3 [kPa]
Presión límite	90 [kPa]

Fuente: (UMCO S.A., S.f.)

La energía en forma de calor que requiere el recipiente a presión para convertir el agua en su interior en vapor procede de forma eléctrica de la red. Se utilizan resistencias eléctricas de calentamiento debido a que, son portátiles y relativamente económicas y su consumo de energía es barato.

Para determinar la potencia que necesitan las resistencias eléctricas, se debe establecer cuánta energía es necesaria para evaporar el agua. Para lo cual, se parte determinando la densidad o masa específica del agua.

$$\rho_A = \frac{m_A}{V_A}$$

**Ecuación 1.** Densidad de una sustancia (agua).

Siendo:

$\rho_A$  : Densidad del agua a temperatura ambiente 20 [°C], en kilogramos por metro cúbico [kg/m<sup>3</sup>];

$m_A$  : Masa del agua, que puede ser contenida en el recipiente a presión, en kilogramos [kg]; y

$V_A$  : Volumen del agua, en metros cúbicos [m<sup>3</sup>].

Las densidades de algunos líquidos ya están determinadas, entre ellos el agua. Así que se toma de la siguiente *tabla 5*.

**Tabla 5.** Propiedades del agua.

Sustancia	Datos de ebullición a 1 [[atm]]		Datos de congelación		Propiedades de líquidos		
	Punto de ebullición normal, [[°C]]	Calor latente de vaporización $h_{fg}$ , [[kJ/kg]]	Punto de congelación, [[°C]]	Calor latente de fusión $h_{if}$ , [[kJ/kg]]	Temperatura, [[°C]]	Densidad $\rho$ , [[kg/m <sup>3</sup> ]]	Calor específico $c_p$ , [[kJ/(kg · K)]]
Agua	100	2 257	0,0	333,7	0	1 000	4,22
					25	997	4,18
					50	988	4,18
					75	975	4,19
					100	958	4,22

Fuente: (Çengel & Boles, 2009)

Entonces se reemplaza los datos en la *ecuación 1*.

$$m = (997) \cdot (4,5 \times 10^{-3})$$

$$m = 4,487 \text{ [[kg]]}$$

La masa se utiliza para el cálculo del calor específico, ya que si se quiere calcular cuánta energía se consume al transformar de líquido a gaseoso el agua, se necesita conocer la cantidad de calor necesario para elevar tantos grados de temperatura en un determinado número de masa.

$$c_{pA} = \frac{Q_{Abs}}{m_A \cdot \Delta T_A}$$

**Ecuación 2.** Calor específico de una sustancia (agua).

Siendo:

$c_{pA}$  : Calor específico del agua, en julio por kilogramo y grado Celsius [[J/(kg · °C)]];

$Q_{Abs}$  : Transferencia de energía en forma de calor, denominado también cantidad de calor absorbido o cedido (en este caso absorbida) de una sustancia, en julio [[J]];

$m_A$  : Masa del agua, en kilogramos [[kg]]; y

$\Delta T_A$  : Variación de temperatura. Es la temperatura final menos la temperatura inicial, intervalo entre el cual se hará variar la temperatura de la masa. La temperatura a la que el agua cambia de estado, de líquido a vapor (punto de ebullición del agua, véase la *tabla 5*) es aproximadamente a los 100 [°C], que sería la temperatura final o  $T_f$  y  $T_0$  es la temperatura ambiente a la que el agua se encuentra naturalmente siendo esta temperatura los 20 [°C].

El calor específico del agua se toma de la *tabla 6*.

**Tabla 6.** Calor específico del agua.

Sustancia	$J/(kg \cdot ^\circ C)$	$cal/(g \cdot ^\circ C)$ o $Btu/(lb \cdot ^\circ F)$
Agua	4 186	1,00

Fuente: (Tippens, 2011)

$$Q_{Abs} = (4\ 186) \cdot (4,487) \cdot (100 - 25)$$

$$Q_A = 1\ 408\ 536,675 \text{ [J]}$$

Para determinar el calor requerido, se debe imponer un porcentaje de eficiencia de la cámara térmica. (Tippens, 2011) menciona que el porcentaje de eficiencia más alto que alcanza cualquier proceso termoeléctrico es de 60%, y que aparatos que funcionan bajo el principio de transmisión de calor por resistencias eléctricas alcanzan una eficiencia alrededor de 24%, por tanto, se asumirá una eficiencia igual a la mencionada:

$$Q_{Abs} = \frac{1\ 408\ 693,65 \text{ [J]}}{0,24}$$

$$Q_{Abs} = 5\ 869\ 556,875 \text{ [J]}$$

Con la *ecuación 3* se puede determinar la potencia de la resistencia eléctrica en un tiempo de una hora.

$$Q_{Abs} = P_E \cdot t$$

**Ecuación 3.** Transferencia de energía en forma de calor.

Siendo:

$Q_A$  : Transferencia de energía en forma de calor, denominado también cantidad de calor absorbido o cedido (en este caso absorbida) de una sustancia, en julio [J];

$P_E$  : Potencia eléctrica, en vatios [W]; y

$t$  : Tiempo, en segundos [s].

$$P = \frac{5\,869\,556,875}{3\,600}$$

$$P = 1\,630,432 \text{ [W]}$$

En el medio local (Ibarra – Ecuador), existen resistencias eléctricas para calentamiento con las características que se resumen en la *tabla 7*.

**Tabla 7.** Características eléctricas de las resistencias eléctricas térmicas.

TIPO	POTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE
Cocineta eléctrica	1 200 [W]	120 [V]	10 [A]
Quemador	1 800 [W]	120 [V]	15 [A]
Resistencia de mullos	600 [W]	120 [V]	5 [A]

Entonces, la resistencia térmica elegida es el quemador, ya que se aproxima a la potencia requerida para evaporar el agua.

## 2.2. Circuito de control

El circuito de control del destilador de agua precautela la seguridad ante sobrecalentamientos y cortocircuitos. Para este fin, se emplea un temporizador electrónico para un tiempo de una hora que transcurrido el mismo desactiva el relé de potencia y, por tanto, deja de calentar la resistencia. Añadido a esto como resguardo general del circuito está implementado fusibles de protección.

El circuito de control está alimentado por la red eléctrica a 110 [V] en corriente alterna que posteriormente se transforma y se rectifica la señal electrónicamente hasta los 12 [V] de corriente directa, para maniobrar un relé que sirve de interruptor para la resistencia térmica. El circuito de control del destilador de agua consta de los siguientes elementos: *fusible* de velocidad de respuesta rápida para 25 [A], *portafusibles* para 25 [A], *interruptor* de dos terminales y dos posiciones para 20 [A], *temporizador electrónico* para un tiempo de 60 [min], *relevador* para 12 [V] y 30 [A], *borneras de conexión* a 16 [A], *capacitador de poliéster* a 3,3 [μF], *resistencias* a 1/2 [W] de 1 [MΩ], 1 [kΩ] y 330 [Ω], *diodos rectificadores* 1n4007, *capacitores electrolíticos* a 25 [V] de 100 [μF] y 1 000 [μF], *resistencia de potencia* a 10 [W] de 220 [Ω], *diodos zener* 1n4742 a 12 [V], *diodo led rojo*, *buzzer* para 120 [V], *cable gemelo flexible* AWG #12 y *enchufe*.

La protección contra corriente se la hace a través de un fusible. El fusible es de acción rápida (F) y para su selección de la corriente nominal del fusible se la hace a través de la desigualdad.

$$I_{\text{circuito}} \leq I_{\text{FUSE}} \leq I_{\text{máx conductor}}$$

**Ecuación 4.** Corriente nominal del fusible.

Siendo:

$I_{FUSE}$  : Corriente nominal del fusible, en amperios [A];

$I_{circuito}$  : Corriente del circuito, en amperios [A]; y

$I_{m\acute{a}x\ conductor}$  : Corriente máxima admisible del conductor protegido, en amperios [A].

El diámetro del cable AWG soporta hasta un 145% de su intensidad normalizada. Dado que, se escogió el cable flexible gemelo AWG #12 (20 [A]), por tanto, la corriente nominal del fusible debe estar entre:

$$18,75 \leq I_{FUSE} \leq 29$$

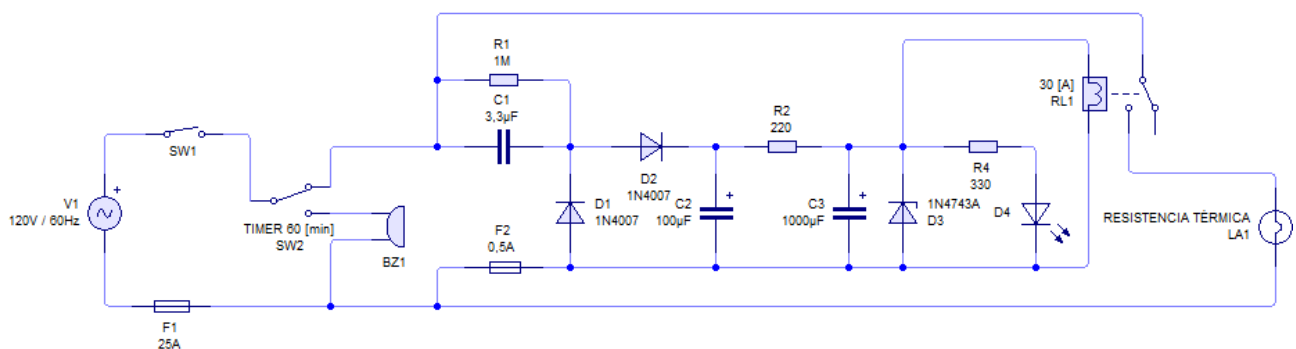
Las corrientes nominales de los fusibles comerciales son las que en la *tabla 8*.

**Tabla 8.** Corriente nominal de los fusibles comerciales.

FUSIBLES COMERCIALES								
[A]								
2	4	6	10	16	20	25	35	40
50	63	80	100	125	160	200	250	315
400	425	500	630	800	1 000			

$$I_{FUSE} = 25 \text{ [A]}$$

El diagrama de conexión del circuito de control del agua destilada es el que se muestra en la *figura 2*.



**Figura 2.** Circuito de control del destilador de agua.

**\*Nota 1:** El temporizador electrónico está representado en forma de interruptor de dos posiciones, para efectos prácticos ya que el simulador carece de éste componente.

**\*Nota 2:** La resistencia térmica está representada en forma de lámpara de filamento de dos posiciones, para efectos prácticos ya que el simulador carece de éste componente.



### 2.3. Tubería y recipiente de destilación

La tubería que se utiliza es de cobre ya que posee propiedades como rigidez, alta temperatura de fusión (  $1085\text{ }[^\circ\text{C}]$  ), resistente a la corrosión y buena conductividad térmica  $[(293\text{ y }364)\text{ }[W/(m \cdot K)]]$  a  $20\text{ }[^\circ\text{C}]$ , 10 000 veces mejor conductor del calor que el poliuretano; (International Copper Association (ICA); European Copper Institute (ECI), S.f.), lo que facilita los procesos térmicos de calentamiento y enfriamiento. Por lo que maneja en buena forma el vapor producido por el recipiente a presión, además que el montaje es rápido y fácil.

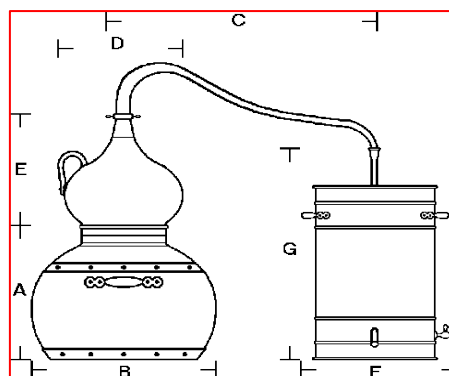
La tubería de cobre tiene forma de espiral, para enfriar el vapor proveniente de la destilación, intercambia de mejor manera el calor con el aire exterior, ya que recorre el vapor la distancia necesaria para enfriarse y convertirse en líquido, en un espacio reducido, haciéndolo más eficiente que un tubo de cobre en cualquier otra forma. Para determinar las características de la tubería se recurrirá a la *tabla 9*, estandarizada, realizada mediante la experiencia a través de los años de los artesanos dedicados a la destilación del alcohol.

**Tabla 9.** Medidas estándar para alambiques de fabricación casera.

Capacidad [L]	Medidas en [cm]						
	Caldera		Capacete y Caño			Serp	Bidón
	A	B	C	D	E	F	G
1	12,5	17,5	21	8	8	12	12
3	16	21	23	11	12	15	15
5	21	32	34	14	17	18	18
10	26	37	44	19	22	27	27
20	26	37	50	19	22	27	27
30	37	52	50	23	31	32	40
50	40	55	60	30	35	40	55

Fuente: (La página de Bedri, S.f.)

Se escoge la capacidad de 5 [L], con sus diferentes tamaños.



**Figura 3.** Alambique artesanal.

Fuente: (La página de Bedri, S.f.)

Para el diámetro de la tubería, se la escoge en función del diámetro de salida del recipiente a presión y las tuberías comerciales que el mercado ofrece. Por tanto, de las tuberías comerciales, con diámetros que oscilan entre (6 a 100)  $[[mm]]$  y espesores que varían entre (0,75 a 2,5)  $[[mm]]$ , se escoge la tubería comercialmente conocida como 3/8  $[[in]]$  que en el S.I. corresponde a 10  $[[mm]]$  ya que posee un diámetro suficiente para que fluya el caudal de vapor procedente del recipiente a presión y se puede adaptar fácilmente a la tapa, con una longitud aproximada de 1 100  $[[mm]]$  de recorrido.

Para el recipiente bidón en donde la tubería de cobre se refrigera se escogió un balde con una capacidad de 3  $[[L]]$ , con un diámetro superior de 200  $[[mm]]$ , diámetro inferior de 130  $[[mm]]$  y una altura de 200  $[[mm]]$ , que se aproxima a las medidas de la *tabla 9*.

En resumen, el sistema de producción de agua destilada es de construcción artesanal, basándose en el principio de destilación de bebidas alcohólicas, posee una caldera eléctrica y un alambique de enfriamiento mediante agua; el control se lo realiza mediante un temporizador.



**Figura 4.** Destilador de agua portátil; 1- Caldera; 2- Circuito de control; 3- Tubería; y 4- Recipiente de destilación.

### 3. Resultados y Discusión

Los resultados se presentan mediante pruebas de funcionamiento del destilador de agua contribuyen para que la calidad del producto final sea satisfactoria, además que verifica el estado de funcionamiento del mismo.

#### 3.1. Pruebas visuales

Las pruebas visuales se realizan conforme a cuatro criterios, ninguno significa que la fuga de vapor es de 0%, bajo existe fuga del 25%, medio existe fuga del 50% y alto existe fuga de más 50%; los cuales se detallan en la *tabla 10*.

**Tabla 10.** Matriz de las pruebas visuales del destilador de agua.

PARÁMETRO	COMPONENTE	NINGUNO	BAJO	MEDIO	ALTO
Fugas de vapor	Recipiente a presión		✓		
	Tubería		✓		
	Acople universal		✓		
Fugas de agua	Recipiente a presión	✓			
	Balde de precipitado	✓			

Por tanto, se puede verificar que el destilador de agua no presenta ninguna fuga de vapor o agua en la caldera, tubería o balde de precipitado, además que el quemador eléctrico calienta adecuadamente alrededor de los 300 [°C], y la caldera y el balde de precipitado enfría de forma eficaz a temperatura ambiente alrededor de los 20 [°C].

### 3.2. Pruebas de dosificado

Las pruebas de dosificado se las realizaron para establecer el tiempo que tarda en producir una determinada cantidad de agua destilada.

**Tabla 11.** Desarrollo de la prueba de dosificado.

DEFINICIÓN	DESARROLLO
<b>Principio</b>	El ensayo consiste en cronometrar el tiempo que tarda el destilador de agua en producir una cantidad del producto.
<b>Instrumental</b>	- Destilador de agua; - Agua común; y - Cronómetro.
<b>Procedimiento</b>	Llenar el recipiente a presión con una cantidad base de 1 000 [mL] de agua común a una temperatura ambiente de 20 [°C]. Encender el destilador de agua. Cronometrar el tiempo que tarda en producir.
<b>Resultados</b>	Determinar el tiempo que tardó en alcanzar las diferentes medidas de agua destilada.
<b>Reporte</b>	La cantidad que se produce al término de un determinado tiempo es el que se indica en la <i>tabla 12</i> .

**Tabla 12.** Resultados de la prueba de dosificado del destilador de agua.

TIEMPO EN PRODUCIR [min]	CANTIDAD EN FRÍO [mL]	CANTIDAD EN CALIENTE [mL]
15	50	110
30	160	375
45	350	600
60	490	810

El dosificado de se lo realizo en dos formas: la primera denominada dosificado en caliente, que es la producción de agua destilada de forma continua por el tiempo establecido de una hora; la segunda fue la dosificación en frío, o sea la producción de agua destilada interrumpidamente en la que se obtuvo agua destilada durante períodos de tiempo propuestos en la *tabla 12* y luego se procedió a enfriar el destilador para obtener la nueva dosificación.

### 3.3. Pruebas del producto (agua destilada)

Se probó la esterilidad del agua mediante un medidor de conductividad, *figura 5*, con las siguientes características: resolución de (0 a 999)  $[\mu S/cm]$  y exactitud  $\pm 2\%$ . El resultado de las medidas obtenidas se resume en la *tabla 13*.



**Figura 5.** Medidor de conductividad.

**Tabla 13.** Resultados de la resistividad eléctrica del agua destilada.

N.º DE LECTURA	CONDUCTIVIDAD $[\mu S/cm]$	N.º DE LECTURA	CONDUCTIVIDAD $[\mu S/cm]$
1	3	26	4
2	5	27	4
3	4	28	4
4	4	29	9
5	4	30	4
6	4	31	4
7	4	32	4
8	6	33	4
9	4	34	4
10	9	35	4
11	7	36	9
12	4	37	4
13	4	38	4
14	4	39	6
15	2	40	4
16	4	41	4
17	5	42	4
18	7	43	4
19	4	44	4
20	4	45	4

N.º DE LECTURA	CONDUCTIVIDAD [[ $\mu S/cm$ ]]	N.º DE LECTURA	CONDUCTIVIDAD [[ $\mu S/cm$ ]]
21	4	46	4
22	4	47	3
23	4	48	4
24	2	49	4
25	4	50	4

El producto obtenido con el destilador de agua cumple con los estándares de calidad requeridos por el grado III de pureza de agua y para el proceso de cromado.

### 3.4. Discusión

La destilación de agua es el método más simple y de bajo costo de purificación de ésta sustancia, a diferencia del procedimiento de desionización en el que se utiliza cargas eléctricas para neutralizar las moléculas de agua y retirarles los electrones resultando en agua purificada y además éste método tiene la desventaja que luego de un cierto tiempo las resinas pierden su capacidad de intercambio. Así como en el proceso de ósmosis inversa en el que el agua se la hace pasar bajo presión a través de una membrana semipermeable de acetato de celulosa, poliamidas aromáticas u otros materiales. A diferencia del método de filtración con membranas en el que se hace pasar el agua a través de membranas semipermeables. Y en contraste con el proceso de adsorción en el que se utiliza carbón activo, arcillas y silicatos.

Comparado con el agua destilada que se comercializa a nivel local que posee una conductividad de 2 [[ $\mu S/cm$ ]] a un costo por litro de \$ 1 dólares americanos, la pureza es muy cercana con un valor de 4 [[ $\mu S/cm$ ]] con un costo total de implementación del proyecto es de \$ 149,77 dólares americanos y el costo de producción por litro es de \$ 0,35 dólares americanos.

## 4. Conclusiones y Recomendaciones

- Se ha realizado un sistema portátil para la destilación de agua destilada, para usos tanto caseros como industriales específicamente para los procesos de la pintura tipo cromo; y
- En un tiempo aproximado de dos horas y un funcionamiento continuo del sistema se puede obtener la cantidad de agua necesaria para realizar el proceso de cromado a un bajo costo y con los estándares de pureza del grado III de agua destilada.

## Bibliografía

- Avila, O., Connolly, B., Furtado, S. L., & Ebanda. (S.f.). *Cómo destilar agua*. (wikiHow)  
Recuperado el 25 de noviembre de 2014, de wikiHow: <http://es.wikihow.com/destilar-agua>
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2009). *Termodinámica* (Sexta ed.). Madrid, Comunidad de Madrid, España: McGraw-Hill.
- European Journal of Clinical Nutrition. (2007). *Nature*. doi:10.1038/sj.ejcn.1602522
- Fuentes Arderiu, X., Castiñeiras Lacambra, M. J., & Queraltó Compañó, J. M. (1998). *Bioquímica clínica y patología molecular* (Segunda ed., Vol. I). Barcelona, Cataluña, España: Reverté, S.A.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Norma NTE INEN-ISO 3696. Agua para uso en análisis de laboratorio - Especificación y métodos de ensayo*. INEN, Quito. Recuperado el 14 de noviembre de 2016
- International Copper Association (ICA); European Copper Institute (ECI). (S.f.). *Tubos y accesorios características*. Recuperado el 19 de diciembre de 2014, de El Cobre: [http://www.elcobre.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=67&Itemid=81](http://www.elcobre.com/index.php?option=com_content&view=article&id=67&Itemid=81)
- La página de Bedri. (S.f.). *Licores caseros. El alambique*. (La Página de Bedri) Recuperado el 19 de diciembre de 2014, de La Página de Bedri: [http://www.bedri.es/Comer\\_y\\_beber/Licores\\_caseros/El\\_alambique.htm](http://www.bedri.es/Comer_y_beber/Licores_caseros/El_alambique.htm)
- Tippens, P. E. (2011). *Física. Conceptos y aplicaciones*. (Séptima ed.). Ciudad de México, México, D.F., México: Mc Graw Hill.
- Torres, D. B. (2015). *Artículo técnico de agua desionizada*. Informe técnico, Cuenca. Recuperado el 14 de noviembre de 2016
- UMCO S.A. (S.f.). *Manual de Instrucciones*. UMCO. Obtenido de [www.umcoecuador.com](http://www.umcoecuador.com)