

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

ANTE PROYECTO PARA LA DESTILERIA DE UNAS BODEGAS

Destinadas a producir Vinos Puros de Uva

TESIS PROFESIONAL

que presenta

Francisco Garibi Velasco

Para obtener el Título de

INGENIERO QUIMICO



QUIMICA

GUADALAJARA, JAL., MARZO DE 1950.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*1. Magr. d. d. t.
2. Ingenieros d. d. t.
3. Químicos d. d. t.*

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

ANTE PROYECTO PARA LA DESTILERIA DE UNAS BODEGAS

Destinadas a producir Vinos Puros de Uva

TESIS PROFESIONAL

que presenta

Francisco Garibi Velasco

Para obtener el Título de

INGENIERO QUIMICO



GUADALAJARA, JAL., MARZO DE 1950.

**CON VENERACION
A MI MADRE DEL CIELO.**

**CON GRATITUD
A MIS PADRES.**

**CON CARISO
A MIS HERMANOS.**

**CON AGRADECIMIENTO
A MIS MAESTROS DEL INSTI-
TUTO DE CIENCIAS QUE ME
FORMARON DESINTERESADA-
MENTE.**

**A TODOS LOS QUE LES DEBO AFECTO
O GRATITUD.**

LA ENOLOGIA EN MEXICO.

EL ALCOHOL EN LOS VINOS.

La Enología está poco desarrollada en México, a pesar de que podría originar una industria pesada en el país. Esto se debe, al menos en parte, a que es poco conocida en los medios profesionales químicos; entre otras cosas por ser relativamente nueva y porque requiere muchos conocimientos complejos que abarcan desde el cultivo de la vid y aclimatación de especies, agricultura, hasta la práctica del catador.

Otra razón para su falta de crecimiento es el concepto falso que circula acerca de esta rama industrial, que se hace consistir casi exclusivamente en la producción de aguardientes, los cuales deberían constituir el menor por ciento de la industria enológica, correspondiendo la mayor parte a la elaboración de vinos. Los vinos no son bebidas embriagantes propiamente hablando y tienen bastante poder alimenticio. Atendiendo a todas estas circunstancias, elegimos el tema de tesis que presentamos.

El porvenir de los vinos de uva en el mercado depende en gran parte del cultivo de la vid, que puede llegar a tener mucha importancia en México, siempre que se aclimaten nuevos tipos y se seleccionen terrenos apropiados, que por otra parte difícilmente se pueden aprovechar para otra clase de cultivos. Depende además de que se obtenga un producto de calidad a precios que le permitan entrar en el mercado como auxiliar de la alimentación y no solo como artículo de lujo.

Todo ello está ligado con la necesidad de que nuestros industriales e ingenieros químicos vayan tratando de abrir horizontes con aportaciones que puedan hacer desarrollar este ramo de la industria, tratando de resolver los problemas específicos que presenta.

El producto más industrializable en México desde este punto de vista, son las mistelas, que pueden definirse como vinos de uva alcoholizados con aguardientes también de uva, con lo que se les dá estabilidad y se controla su grado alcohólico. Tienen poder alimenticio, debido a que el vino —jugo de uva fermentado— no sufre ninguna cocción; al contrario de los destilados que además tienen mayor grado alcohólico y por lo tanto son tóxicos.

De la definición que dimos de MISTELAS, se puede deducir que su elaboración comprende dos procesos industriales: 1o. la producción de los vinos —jugos de uva fermentados— y 2o. la fabricación del alcohol o aguardiente con que deben mezclarse, y que se obtendrá partiendo preferentemente de los subproductos del primer proceso.

Nos ocuparemos del último, presentando el ante-proyecto de una destilería destinada a obtener concentrados para la alcoholización de los jugos de uva fermentados, haciendo caso omiso de la elaboración de alcoholes industriales y de aguardientes destinados al mercado. Elegimos este proceso por ser la parte de las bodegas más relacionada con la ingeniería química, como se verá en la exposición combinada que haremos de los dos procesos para localizar a cada uno de ellos.

En el desarrollo del trabajo tendremos que tocar muchos puntos que parecen desligados de nuestro problema, pero que lo afectan por estar íntimamente relacionado con el funcionamiento de las bodegas.

ZONAS PRODUCTORAS DE MATERIA PRIMA.

En la República, las regiones que más han desarrollado la producción de vides son: Baja California, que es una de las más apropiadas por su terreno seco y arenoso y su clima, siendo particularmente aptos los terrenos que están entre los 200 y los 300 mts. sobre el nivel del mar. Coahuila, que también es muy conocido por sus productos vinícolas, en las regiones de Parras, Torreón, Cuatro Siénegas y Viesca. Chihuahua con varias zonas productoras situadas entre los 700 y los 1,300 mts. sobre el nivel del mar.

Otras zonas que son apropiadas para el cultivo de la vid, aunque no

se han desarrollado todavía, están situadas en los estados de Guanajuato, Jalisco y Michoacán, particularmente cerca de los lagos de Chapala y de Cuitzeo, y en una amplia región que comprende el norte de Jalisco y casi todo Guanajuato, donde las plantas no necesitan mucho riego ni tienen peligro de lluvias en la época de floración¹.

VARIETADES APROVECHABLES.

Hay multitud de vides aclimatadas que ya se cultivan en México en escala comercial y que se pueden aprovechar para la producción de vinos y mistelas puros de uva. Entre las principales citaremos las variedades más conocidas y abundantes en el país, haciendo la aclaración de actualmente se están haciendo pruebas de aclimatación de diferentes clases de vides italianas, cuyos resultados se ignoran todavía.

M i s i ó n : Es la más extendida y da unas uvas chicas, negras muy dulces. Se aclimata fácilmente y produce cosechas abundantes. Es apropiada para elaborar vinos evaporados.

Z i n f a n d e l : Se cultiva principalmente en California, su grano es redondo, grande, de color rojo oscuro, cubierto de una capa blanquecina; produce vinos de tipo clarete.

C a r i g n a n e : Produce mejores vinos que la Zinfandel y se usa generalmente en mezclas para obtener más calidad.

P a l o m i n o : Se utiliza para la fabricación de Jerez, es muy apropiado para obtener vinos secos.

G r e n a c h e : Se da con bastante facilidad y es muy susceptible de aclimatarse, tiene granos redondos de color negro azulado.

M o s c a t e l A l e j a n d r i a : Es una uva blanca amarillenta, apropiada para producir vinos dulces claros; tiene sabor muy agradable y puede usarse para la mesa o para fabricar pasas². Este tipo de uva se considera propia de la región de Alejandria en el Piamonte, Italia.

Nuestros cálculos se refieren a mistelas elaboradas con esta clase de uva, que se conoce en el mercado con el nombre de moscatel y que se tomó como base para relacionar la destilería con cantidades reales de materia prima y producto. Evitamos intencionalmente el referirnos a uvas especiales para la producción de alcohol, que se utilizan en las bodegas donde se elaboran aguardientes, porque suponemos que se trata de unas bodegas para la producción exclusiva de vinos de uva.

Todas las vides pertenecen al orden de las Rhamnales y a la familia de las vitáceas, que comprende unas 500 o 600 especies distribuidas en

las zonas tropicales y templadas. Los botánicos aún no han establecido una clasificación definitiva y hay varias que tienen mucha aceptación. Particularmente resulta difícil clasificar las variedades americanas, porque al aclimatarse han cambiado sus caracteres botánicos.

En general puede decirse que se trata de plantas herbáceas, más frecuentemente de forma de arbustos y que son trepadoras, teniendo los órganos de aprensión generalmente al lado opuesto de las inflorescencias; sus hojas pueden ser lobadas, dentadas o compuestas. ¹.

BIBLIOGRAFIA.

- 1 y 2.—Datos del Prof. Bano, publicado en el libro: Como elaborar Vinos y Licores de Calidad. Por el Prof. Federico de la Barrera; Ediciones Lux México.
- 3.—Trattato di Enologia; Enciclopedia Viti Vinicola Moderna. 5 Vol. Pier Giovanni Garoglio. Edit Il Progresso Vinicolo ed Oleario. Firenze 1943.

2

LAS BODEGAS Y LA DESTILERIA.

GENERALIDADES

Las bodegas para la producción de vinos deben estar situadas en el centro mismo de producción y tener una amplia red de comunicación con todos los puntos de los viñedos para evitar gastos de transporte. Por otra parte es conveniente que estén cerca de las poblaciones conectadas con el mercado por medios fáciles.

Técnicamente debe buscarse el emplazamiento de las bodegas en un sitio en que no haya fuentes de malos olores, porque los vinos son muy absorbentes, y donde la trepidación por el tráfico sea nula, condición indispensable para cualquier proceso de larga duración.

Al planear las bodegas se evitará que en sus locales haya instalaciones industriales que no están relacionadas con la elaboración del vino y se tendrá en cuenta muy especialmente que la parte industrial depende completamente de la agrícola, cuyos principales factores son:

La capacidad de la zona productora de la uva, que se calcula aproximadamente considerando que cada planta produce al año de 10 a 15 Kgrs. de uvas y ocupa, en una viña cultivada con medios modernos 35 mts. cuadrados; por lo tanto una hectárea tendrá 278 plantas con una producción de 2.780 a 4.170 toneladas por cosecha.

La época de la vendimia es variable para las distintas regiones y casi siempre cambia de un año para otro. Debe determinarse en el laboratorio con precisión, llevando control del índice de madurez que está dado por la relación de Acido Azúcar, en función del cual está el peso específico; éste índice es variable para las diferentes clases de uvas.

El tipo de uva y la clase de vino que se va a producir. Todos estos factores afectan igualmente a la destilería, porque rigen la cantidad de alcohol que se podrá obtener y la cantidad que hará falta en cada cosecha.

El edificio y las instalaciones deben ser razonablemente mayores que el máximo de producción de la zona viticultora, y llenarán todas las necesidades, por lo que en casos de trabajo en muy grande escala se proyectarán departamentos para el aprovechamiento de los subproductos; estando en todo caso provistos de un patio de movimiento relativamente grande. Es imprescindible además que tenga agua potable, bacteriológicamente pura, en abundancia.

El material que se emplee para la construcción de los recipientes, conductores o aparatos que estén en contacto con el vino en proceso, puede ser madera, concreto insolubilizado, acero inoxidable, aluminio, vidrio y bronce; el cobre y el fierro, solo se podrán usar embreados, para superficies que no tengan contacto prolongado con los vinos, tales como canales.

Debe procurarse que el edificio tenga una cimentación que permita el control de la humedad, particularmente en los departamentos subterráneos. Los pisos serán de cemento sin ranuras y con una fuerte pendiente, (1 a 2%), para que se puedan evitar las fermentaciones infecciosas por medio de lavados frecuentes; su cimentación es de vital importancia, porque los toneles llegan a tener capacidades de 100,000 lts. o más, de manera que sólo su contenido pesará aproximadamente 100 toneladas y como debido a las necesidades de la industria tienen que conservar cierta movilidad, carecen de cimentación propia estando simplemente colocados sobre el piso, y si éste falla se deterioran seriamente.

Son recomendables los techos aislantes porque proporcionan uniformidad de temperatura; sin embargo en los casos en que el ambiente tenga que conservarse en condiciones constantes, como son las salas de añejamiento, se recomienda el empleo de sótanos. Todos los departamentos en que hay producción de anhídrido carbónico deben mantenerse bien ventilados, en estos casos la temperatura se controla con intercambiadores de calor.

Las Bodegas constarán de los siguientes departamentos: Patio de Movimientos, donde se recibe, se pesa y se muele la uva, y se prensa el orujo para la recuperación de las vinetas.

Sala de Fermentación: donde se lleva a efecto la fermentación tumultuosa del jugo y los labados del orujo para la recuperación del alcohol en forma de vinetas destilables.

Sala de Elaboración en que se verifica la fermentación lenta, la alcoholización, la clarificación, la filtración; la pasteurización, la refrigeración y finalmente las mezclas que hagan falta para lograr productos uniformes.

Sala de Añejamiento.

Sala de Conservación y Departamento de Embotellado.

Destilería que junto con el Patrio de Movimientos y la Sala de Fermentación se puede considerar como un proceso aparte, como lo hacemos en este trabajo.

LOS PROCESOS.

PARTE COMUN.—La uva se piza durante la vendimia en los viñedos y se transporta a las bodegas, donde se pesa y se muele, determinando, mientras tanto, su contenido de azúcar y su acidez total. De la molienda se pasa el jugo a la Sala de Fermentación, donde se sulfita para esterilizarlo parcialmente; cuando ya se ha producido la cantidad de alcohol calculada, se trasega a la Sala de Elaboración, quedando en las tinajas de fermentación el sombrero, formado por el orujo y el jugo fermentado que lo impregna.

LA OBTENCION DEL ALCOHOL.—De aquí parte individualmente el proceso de la obtención del alcohol. El sombrero se lava para extraerle el alcohol que contiene, cuando se trata de vinos dulces hay que hacer fermentar completamente los lavados, porque habrá disuelto algo de azúcar junto con el alcohol. Los lavados se separan del orujo trasegando primero y prensando el sombrero después y se almacenan. Una vez en el almacén se mezclan para obtener una concentración única y se enriquecen con jugo fermentado, para completar la cantidad de vinetas que deben destilarse de acuerdo con las necesidades de las bodegas.

Llegado el tiempo de la destilación, se fabrican los aguardientes y se conservan en una sala especial o en la Sala de Añejamiento. A su debido tiempo se sacan de allí para mezclarlos con los jugos fermentados en la Sala de Elaboración, donde nuevamente se incorporan al proceso general de la producción de mistelas.

ELABORACION DE LAS MISTELAS.—En esta parte será un poco más explícito, para dar una idea completa del proceso total, ya que el resumen anterior, queda ampliamente desarrollado por ser el tema de la tesis.

Clarificación.—El vino joven producido por la alcoholización de los jugos fermentados de la Sala de Elaboración, tiene muchas sustan-

cias que lo impurifican y debe tratarse por medio de clarificantes de cualquier tipo.

Recomendamos el uso de la Bentonita, que es fundamentalmente un silicato de Calcio y Magnesio (una mezcla de Montmorilonita y Beidellita) con algo de Carbonato de Calcio. Sin el carbonato se le atribuye la siguiente fórmula: $(Mg, Ca) O, Al_2O_3, 5SiO_2, nH_2O$.

Con la Bentonita se obtiene una clarificación rápida por floculación, en la que el clarificador actúa como intercambiador de iones. En la práctica no afecta la acidez total, ni el contenido de tanino, y aunque hace aumentar un poco la alcalinidad, no produce aumento en las cenizas, que equivale a decir que es insoluble y no altera la pureza de los vinos dejando residuos.

Para corroborar estos datos se hicieron pruebas de laboratorio en las siguientes condiciones: A una muestra de 100 cc. de vino por clarificar, se le añadió una suspensión de Bentonita hasta llegar a la concentración que se usa industrialmente y que es de 75 grs. por Hectólitro; a las 48 horas se filtró y se hizo la determinación de las cenizas, en 25 cc. de filtrado:

Peso de la cápsula y las cenizas	21.2221 grs:
Peso de la cápsula	21.1664 ..
Peso de las cenizas	0.0557 ..

Por otra parte se hizo la determinación de las cenizas de 25 cc. del mismo vino filtrado pero sin clarificar.

Peso de la cápsula y las cenizas	21.2222 grs:
Peso de la cápsula	21.1664 ..
Peso de las cenizas	0.0558 ..

F i l t r a c i ó n .—El vino clarificado se decantó y se hace pasar por unos filtros prensa de bronce, en los que los marcos han sido sustituidos por unos rebordes en las placas, que están alimentadas por el centro. Para que haya un medio filtrante apropiado, el vino se mezcla con ayudas de filtro comercial que forman la torta. Estos medios filtrantes, como los clarificantes deben ser insolubles en el vino para que no dejen residuo. Siendo minerales, el residuo que dejaran apareceria en las cenizas, por lo que antes de usar cualquiera tierra filtrante se debe comprobar su insolubilidad. Unas pruebas hechas con un producto comercial conocido con el nombre de Dicalite, Speed Plus, dieron los siguientes resultados:

En 25 cc. de vino por filtrar se encontraron:

Peso de la cápsula y las cenizas	21.2489 grs:
Peso de la cápsula	21.1754 ..
Peso de las cenizas	0.0735 ..

En 25 cc. de filtrado obtenido poniendo en digestión en frío durante más de 24 horas, 35 grs. de Dicalite, 152 cc. en volúmen, en 348 cc. de vino (30% en volúmen) y filtrado en un papel filtro de cenizas taradas con un poco de asbesto para que pasara claro, se determinaron las cenizas.

Peso de la cápsula y las cenizas	21.2523 grs:
Peso de la cápsula	21.1754 "
Peso de las cenizas	0.0769 "
Aumento en el peso de las cenizas	0.0024 "
Aumento de las cenizas por litro de muestra	.0960 "

Estos resultados se pueden considerar satisfactorios porque las condiciones reales de uso son mucho menos favorables para la disolución.

Los vinos se hacen recircular por el filtro hasta que pasen completamente claros, y se desmonta el filtro cuando la presión a que debe alimentarse el vino es aproximadamente de 20 lbs.

Los dos pasos siguientes se pueden colocar en cualquier orden dentro del proceso.

Pasteurización.—Esta operación se hace en dos intercambiadores de calor en serie, contruidos con tubos concéntricos de vidrio, cobre o acero inoxidable. Uno de ellos se utiliza como calentador y se alimenta con vinos precalentados y vapor de agua, y el otro como refrigerante y precalentador, alimentándose con vino frío y vino caliente, que se puede descargar a la temperatura deseada porque cada paso de precalentador tiene una válvula de descarga que se puede abrir o cerrar a voluntad. Ambos trabajan en contracorriente.

Refrigeración.—El vino a la temperatura ambiente se pasa a un aparato de enfriamiento, donde se baja su temperatura a 3° C. bajo cero, a la primera vuelta y a 5° C. bajo cero a la segunda; conservándolo durante tiempo variable en el cuarto frío para que tenga lugar la precipitación completa de los tartratos.

El enfriador es un depósito cerrado en el que se hace evaporar amoníaco, que después se comprime para licuarlo; dentro del depósito hay una tubería de acero inoxidable por la que se hace pasar el vino que se debe refrigerar.

Como la temperatura de descarga debe ser constante y la capacidad de enfriamiento del aparato va disminuyendo poco a poco, se hace disminuir su rendimiento por medio de recirculación regulada a mano. La razón que hay para que disminuya la eficiencia del refrigerante es que al bajar la temperatura se producen cristales de sales tartáricas que se depositan en la superficie interna de los tubos por donde pasa el vino y por consiguiente disminuye el coeficiente de transmisión de calor de las paredes, no solo porque aumentan de espesor y el coeficiente de trans-

misión de calor de los tartratos es menor que el del acero inoxidable, sino también porque cambia de características físicas la superficie del tubo haciendo aumentar el espesor de la película del vino. Otro factor de importancia es la variación de la viscosidad que se produce con la disminución de la temperatura.

Todavía dentro del cuarto frío se hace una nueva filtración en las mismas condiciones de la anterior, para separar todos los cristales de tartrato.

A ñ e j a m i e n t o .—Estos vinos que ya se pueden considerar terminados, pero que son jóvenes y tienen un sabor desagradable, se añejan dejándolos por largo tiempo en barricas que deben ser de madera, para que permitan el paso del oxígeno del aire por sus poros, porque el añejamiento supone una oxidación lenta.

El añejamiento siempre se efectúa en salas especiales, de preferencia subterráneas, para que no haya trepidación y para que el aire se pueda conservar continuamente húmedo y a baja temperatura (15° C.)

La sala debe estar bien ventilada y limpia. Las barricas de añejamiento deberán ser de maderas apropiadas porque siempre comunican algo de sabor a los vinos.

E m b o t e l l a d o .—Los vinos añejos y listos para su venta, cuando ya van a salir al mercado se pasan a la Sala de Conservación, que se pudiera considerar como un patio de movimientos exclusivo para líquidos y de allí al departamento de embotellado.

Antes de embarricarlos o embotellarlos se filtran nuevamente usando asbesto, en filtros continuos de capacidad relativamente reducida.

El asbesto se vende numerado del 1 al 7, y según el número es la claridad con que pasa el vino.

Ordinariamente se usa para preparar el filtro, una cantidad inicial de vino con asbesto en suspensión, en una proporción de 100 grs. por hectólitro, cuando el vino en recirculación pasa completamente claro se considera que el filtro está listo, y se empieza la filtración de los vinos por embotellar.

También a este medio filtrante se le hizo la prueba de la solubilidad por medio de la determinación de las cenizas de los vinos filtrados, usando un asbesto desinfectado y húmedo del número 5. La determinación se hizo en las mismas condiciones que la del Dicalite, con los siguientes datos:

Se completaron hasta 500 cc. los 200 que ocuparon 115 grs. del asbesto; después de 24 horas de digestión en frío, se obtuvieron por filtración en papel de cenizas taradas 275 cc. de filtrado, en 25 de los cuales se determinaron las cenizas.

Peso de la cápsula y las cenizas	21.4661 grs:
Peso de la cápsula	21.1754 "
Peso de las cenizas	0.0707 "
Peso de las cenizas del vino sin tratar	.0735 "

Como se ve el peso de las cenizas del vino en contacto con el asbesto, es menor en 0.0028 grs. que las del vino puro, debido probablemente a que se hizo la determinación con asbesto preparado para su uso, y estaba mojado.

Los vinos terminados se colocan en barriles de una capacidad aproximada de 180 lts., lavados con vapor y desinfectados por mechado, que mando azufre dentro, y se mandan al mercado.

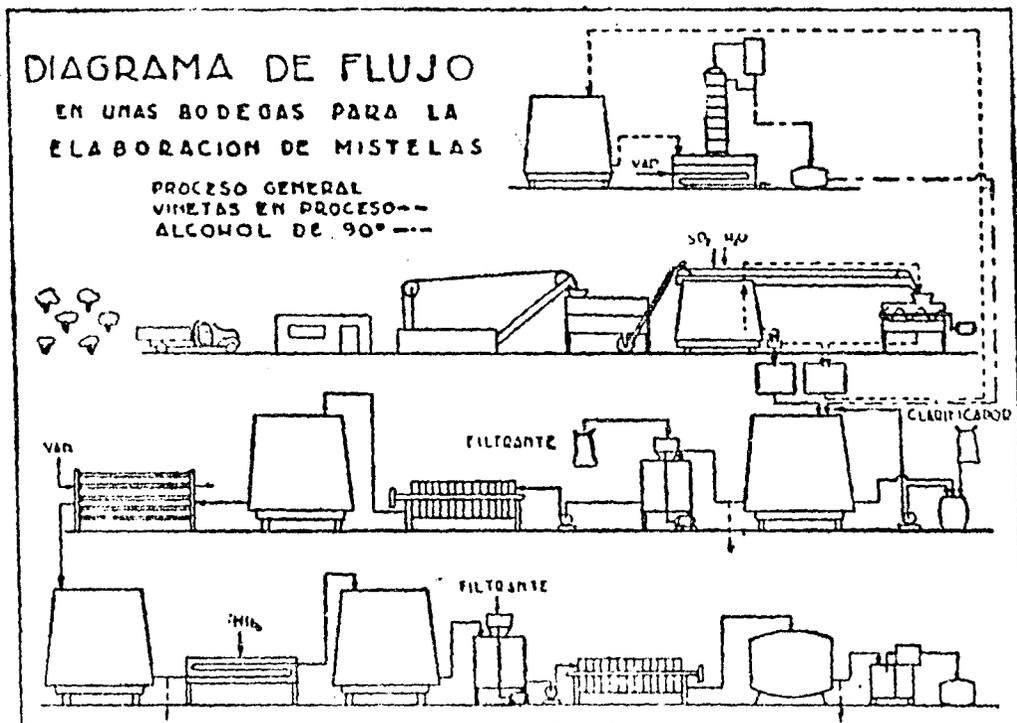


Fig. 1.—Diagrama de flujo de unas Bodegas.



3

MOLIENDA.

PIZCA Y CONDUCCION.

La uva pizcada en los viñedos se lleva a las bodegas en camiones de volteo, que cargan aproximadamente media tonelada por metro cúbico de capacidad, que puede aumentarse hasta un 50% si se protegen convenientemente con lonas.

Tomando como base de todos los cálculos de esta tesis 100 toneladas de uva cosechadas en 10 días, se seleccionan dos camiones de volteo de 4 mts. cúbicos que pueden cargar 2.5 toneladas. Para instalaciones reales, que siempre son de mayor tamaño se pueden emplear camiones con remolques de 20 mts. cúbicos, que transportan 15 toneladas o más, cuando el grano es muy chico en cada viaje.

Los depósitos de los camiones se conservan embreados y sin aberturas para evitar el contacto con el fierro e impedir que se tire el jugo de uva que se produce en los movimientos.

Si las bodegas están en el centro mismo de producción, a la entrada se instalará una báscula para tarar los camiones y pesar la uva que se recibe; en caso contrario, esto puede hacerse al salir de los viñedos.

Los camiones se descargan echando la uva con bieldos y el jugo con baldes de hule duro a una tolva por donde pasa el conductor que alimenta al molino, cuando éstos están ya en movimiento.

Las dimensiones de la tolva varían con el tipo de camión que se use.

En nuestro caso será un depósito rectangular de concreto que en planta medirá: 5.00 x 3.00 mts., con una altura de 1.8 mts.; dentro del cual a 0.60 mts. sobre el piso, y en el sentido longitudinal, se coloca centrado un canal de madera de 0.30 x 0.30 mts. de sección, cuyos bordos están unidos a los de la tolva por medio de láminas planas de fierro o cobre embreado.

Un extremo del canal queda cerrado por la pared posterior del depósito de concreto y el otro se continúa con una pendiente de 1:4 hasta la tolva del molino.

EL CONDUCTOR.

Se utiliza un conductor de cadena con eslabones de 6.25 x 6.25 cms. (2.1/2" nominales de paso) con tiras de madera de 5 x 6.25 x 25 cms. colocadas transversalmente cada 90 cms. (centro a centro) que pueden arrastrar de 5 a 10 Kgrs. de uva. El conductor que se desliza sobre el canal está soportado por una armadura de fierro ángulo de 2 x 2" nominales y se mantiene en su posición por medio de poleas dentadas libres colocadas donde cambia de dirección, o cada 4.5 mts máximo en los tramos horizontales de la parte superior; ya que la inferior que es la que trabaja, va soportada por el canal.

La energía se proporciona con un motor blindado de 5 HP. y 700 r. p. m. con reducciones para dar al conductor una velocidad lineal de 50 mts. por minuto, seleccionado de acuerdo con los siguientes cálculos basados en la fórmula empírica de Stephens-Adamson Manufacturing Company, que publican Badger y McCabe:

$$HP. = \frac{0.06 S L F Wc + T (L' F' + H)}{600}$$

Donde:

S.—Es la velocidad del conductor en pies por minuto; 50 mts. $50 \times 3.29 = 164$ pies.

L.—Es la proyección horizontal del conductor en pies; 36.4 pies.

F.—Es el factor de fricción del conductor; su valor tomado de las tablas anexas a la fórmula es 0.6.

Wc.—Peso del conductor por pie de longitud (ida y vuelta); tomado aproximadamente de las tablas de John H. Perry: 10 lbs.

T.—Son las toneladas que mueve por hora; tomando la capacidad pro-

media, mayor que la que usamos, dejando margen para mayores capacidades del molino, es de 30.

L'.—Proyección horizontal de la sección cargada: 36.4 pies.

F'.—Factor de fricción de la carga, dato experimental: 0.5.

Sustituyendo y efectuando operaciones:

$$\text{HP.} = \frac{0.06 \times 164 \times 36.4 \times 0.6 \times 10 + 30 (36.4 \times 0.5 + 5)}{600} = 4.74$$

Por lo que selecciono el motor de 5 HP. dejando margen para mayores cargas.

En estas condiciones se pueden descargar simultáneamente dos camiones de volteo de 4 mts. cúbicos, uno a cada lado del depósito de concreto, con dos hombres en cada uno; empleando sólo el 60% de la capacidad del conductor que alimentará 25 toneladas por hora. No se disminuye la capacidad del conductor, porque los molinos más chicos que se fabrican son para moler de 30 a 40 toneladas por hora, según la velocidad de alimentación que se puede aumentar fácilmente poniendo más hombres a descargar, lo cual es un buen recurso, porque en la práctica las entregas de uva al molino no son regulares y se perdería energía haciendo trabajar al molino por más tiempo del necesario.

EL MOLINO.

Actualmente todos los molinos de uva son del mismo tipo y varían solo en los detalles de construcción y en los materiales con que se fabrican, así como en las características de trabajo, pero operan según los mismos principios.

Se instalan próximos a la Sala de fermentación, pero fuera de ella, para evitar que la trepidación perjudique el proceso inicial de vinificación. Como siempre están contruidos con materiales inoxidables pueden estar a la intemperie, bastando protegerlos con techos ligeros. La capacidad mínima que tienen es de 30 toneladas por hora, alcanzándose en la práctica eficiencias muy superiores del 100%, nominal. Se recomienda la instalación de dos molinos para evitar interrupciones por descompostura y sobre todo para separar la molienda de las uvas claras y de las oscuras.

Los molinos para la capacidad mencionada reciben la uva en racimo por una tolva colocada en la parte superior, por gravedad cae a un cilindro horizontal con 2% de pendiente, que tiene 0.60 mts. de diámetro y 2.50 mts de longitud; está cribado con perforaciones de diámetro creciente, según la proximidad al extremo de la descarga, que miden de 2 a 4 cms. Este cilindro gira a una velocidad de 200 r. p. m. y dentro de él hay un eje con paletas radiales en hélice que gira a 600 r. p. m. y que tiene por objeto romper a la uva contra el cedazo giratorio, separar y

arrojar el escobajo por el extremo de descarga, que está abierto y proporcionar una correcta ventilación que ayude a la aereación del mosto y a secar el escobajo.

Abajo del cilindro perforado hay una tolva con fondo cilíndrico, provista de un gusano de 20 cms. de paso y otros tantos de diámetro, que al girar a una velocidad de 50 r. p. m. mezcla homogéneamente al jugo con el orujo y que no hay obstrucciones que dificulten el manejo del mosto que hay que bombear.

La energía se le proporciona con un motor blindado de 5 HP. y 1800 r. p. m. La energía se transmite por medio de bandas V y las reducciones se hacen con un juego de poleas dentadas y cadenas.

Describimos el tipo más sencillo de molino, pero algunos fabricantes construyen molinos con doble juego de hojas y cilindros perforados, que giran concéntricos y dan a la uva dos pasadas en una sola molienda; las hojas del juego exterior son en forma de hélice de paso muy grande, en vez de ser paletas radiales, y están menos separadas del cilindro perforado que las interiores.

Los molinos tienen puertas laterales para muestrear y descargar directamente a la succión de una centrifuga de 20 x 10 cms. (8 x 4" nominales) con impulsores y un motor acoplado de 15 HP. y 1800 r. p. m. con capacidad de elevar el mosto de 25 a 50 toneladas de uva molida (20 a 30,000 lbs. de jugo) por hora, a una altura de 15 mts. y a una distancia de 50 mts. según datos catálogo'

El mosto se lleva a la Sala de Fermentación por medio de una tubería de latón de 10 cms. de diámetro (4").

Durante la molienda se hace el muestreo y se determina por aerometría el por ciento de azúcar, que para la uva moscatel en promedio es de 23% y corresponde en el jugo sin orujo a 13 Bè. o 23.14 Bx.; y la acidez total, neutralizando con sosa $\frac{1}{4}$ N. al papel tornasol. Para 25 cc. de muestra 1cc. de solución de sosa equivale a 0.85 grs. de ácido tartárico (Etanodiol dioico) por litro que es como se reporta; la acidez promedio de la uva moscatel es de 4 grs. por litro.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.—Elements of Chemical Engineering. W. L. Badger & W.L. McCabe McGraw Hill Book Co. Chemical Eng. Series. New York 1936.
- 2.—Chemical Engineer's Handbook John H. Perry. McGraw Hill Co. Chemical Eng. Series. New York 1941.
- 3.—Foundry Valley And Machine Works, Catalog.

4

SALA DE FERMENTACION.

CAPACIDAD POR DIA.

Las dimensiones de la Sala de Fermentación, dependen más que ningunas otras de las condiciones de la cosecha. Para los cálculos de su capacidad. Garoglio (op. cit) propone la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad por dia} = \frac{6 \times 100U}{5 \times Gv}$$

Donde U es la cantidad de uva que se vinificará por año, expresada en quintales (un quintal pesa 46 Kgrs.)

Gv es el número de días que dura la vendimia.

6/5 es un factor de corrección que se aplica porque normalmente solo se aprovechan las 5/6 partes del volumen total de cada tina.

100 es el factor de conversión que el autor usa para pasar de quintales a litros; supone que cada quintal de uva molida produce un hectólitro de jugo y orujo mezclados.

Según esta fórmula, en nuestro caso se necesitaría 26,086 lts. de capacidad por día en la sala de Fermentación.

Sin embargo, los volúmenes reales son mucho menores, porque él considera que la uva molida ocupa el mismo volumen que cuando está en grano (2,000 lts. Ton.). En la práctica, para una molienda de 10 toneladas es suficiente una tina de 15,000 lts., de forma troncocónica, con un diámetro medio de 3.00 mts. (siendo el superior 9/10. del inferior) y una altura aprovechable de 2.20 mts.

Cada tina de estas tiene una capacidad mínima de 10 toneladas de uva molida, que producen en promedio 6,000 lts. de jugo fermentado tragable y 3,000lts. de sombrero —jugo y orujo mezclados— o sea un volumen total de 9,000 litros. Si se usan con volúmenes meno es, en la parte vacía de la tina se acumula el anhídrido carbónico que dificulta la fermentación y se crean condiciones propicias para las fermentaciones acéticas por falta de aereación.

No obstante que estas tinas son un 40% menores que las calculadas por la fórmula, en caso de necesidad pueden recibir satisfactoriamente el jugo de 15 toneladas de uva molida.

Una tina de las dimensiones señaladas debe reforzarse con 10 cinchos de varilla de $\frac{1}{2}$ " y tener lateralmente en la parte baja, una válvula de globo de 2" para los trasiegos y otra en el fondo para drenar el agua sucia de los labados.

CAPACIDAD TOTAL.

La capacidad total de la Sala de Fermentación en nuestro caso será 8 veces mayor que la calculada para un día, debido a que 8 días es un plazo apropiado para hacer todas las operaciones necesarias. 2 días para fondeos, fermentación y formación del sombrero. 2 días para la dilución del orujo y una segunda fermentación. 2 días para el trasiego de las vinetas y el prensado del orujo. Y finalmente 2 días para el uso y reacondicionamiento de la tina. Pasados todos los cuales puede usarse nuevamente la misma tina.

El tiempo que se considera ocupada una tina puede hacerse disminuir hasta dos días, acelerando las fermentaciones y suprimiendo lavados, etc., con lo cual se pierde materia prima, pero se ahorra en los gastos de instalación y mantenimiento. Como en la escala que tomamos como base, el mínimo de tinas que se podría usar sería 4 y el número que se necesita para obtener condiciones e tinas es 8, el aumento en el presupuesto para instalación y mantenimiento no justifica las pérdidas en materia prima.

Las tinas se disponen en dos hileras, estando separadas entre sí 0.30

mts., la misma separación se deja entre cada dos tinas de una misma hilera; pero entre las tinas de los extremos y el muro más próximo hay que dejar mayor superficie libre, la usual es de 1.10 mts.

Con estas dimensiones la Sala de Fermentación medirá en total 8.50 x 15.00 mts. o sea 131.75 mts. cuadrados y cada tina ocupará aproximadamente 16.47 mts. cuadrados, incluyendo los espacios libres que le corresponden.

La altura de los techos será 2.50 mts. mayor que la de las tinas, porque éstas se colocan aproximadamente a 0.50 mts. de altura y porque habiendo necesidad de transitar por andenes a la altura de la boca de las tinas, para sulfitar, muestrear, etc., hay que dejar 2.00 mts. libres en esta parte.

Esta Sala tendrá asegurada una buena ventilación por medio de ventanas o de circulación artificial de aire calentado en caso de que el clima sea muy frío, para que constantemente se desaloje el CO₂ que se produce abundantemente.

El producto de la molinenda, jugo cáscaras y semillas se recibe en las tinas por medio de la tubería de 10 cm. (4") de diámetro, que viene de la descarga de la bomba del molino, por vía más directa, suspendiéndola del techo. La tubería se hace terminar en el centro del área ocupada por las tinas fijando en su extremo una T con dos válvulas, a las que se puede conectar una manguera (del mismo diámetro) y llevar el mosto a cualquiera de las tinas, por gravedad.

En caso de mayores instalaciones, la tubería se hace correr entre cada dos hileras, alternadamente, poniéndole una cruz con dos válvulas por cada 6 u 8 tinas, con objeto de que la manguera no tenga que ser demasiado grande y se dificulte su manejo.

Centrando la bomba del molino respecto a las tinas y colcándola a 5.00 mts. del muro exterior, solo se necesitará una tubería de 9.40 mts. horizontales y 3.20 mts. verticales que produce una carga mucho menor de la capacidad de la bomba.

SULFITACION.

Debe evitarse la contaminación del jugo de las tinas, lavándolas con agua y vapor y además por medio de antisépticos disueltos en el mosto; para esto último se usa el Anhídrido Sulforoso.

La sulfitación, según la cantidad de anhídrido que se use, retrasa la fermentación más o menos tiempo, pudiendo llegar a matar todos los microorganismos e impedir la definitivamente. También produce el SO₂ un efecto parecido al uso de cultivos seleccionados, porque es más activo para las bacterias que para las levaduras; al mismo tiempo que tiene la ventaja de mantener la temperatura de fermentación más bien baja y de actuar como clarificante de los mostos.

El mejor método de sulfitación consiste en divolver SO₂ líquido —líquida a 20° C. y 3 atmósferas— en el mosto, donde se asifica porque a la

temperatura de los jugos su presión de vapor es siempre mayor que la presión atmosférica — a 15° C. es de 2.7 atm. y a 40° C. es de 6 atm.—. El anhídrido sulfuroso líquido se encuentra en el mercado en balines de 68 kgrs. (150 lbs.) químicamente puros; su empleo es preferible al de los sulfitos o bisulfitos, porque no deja residuo, ni precipita el ácido tartárico en forma de sales. Para disolverlo primero se pasa a unos balines menores con diferentes medios de medir el anhídrido descargado —casi todos volumétricos— llamados sulfitómetros.

La cantidad de anhídrido sulfuroso que deba emplearse depende de la clase de uva de que se trate y del tiempo que tenga de pizcada, de su contenido de azúcar y de los efectos que se deseen, siendo este un dato práctico. En nuestro caso se considera apropiada una cantidad de 20 grs. de SO_2 por tonelada de uva molida, con lo que se obtiene un retraso de unas 6 horas en la fermentación, cuando se sulfita antes de que esta se haya iniciado.

Cuando se desea acelerar la fermentación se efectúan fondeos, que consisten en remover toda la masa con agitadores de madera, manejados por hombres, con lo que se desalojan parcialmente el SO_2 y el CO_2 , se homogeniza el líquido fermentante y se ayuda a la formación del sombrero —capa de orujo flotante— para facilitar los trasiegos.

TRASIEGO.

El trasiego es una operación general que consiste en cambiar los líquidos de las bodegas de un recipiente a otro.

Las tinas de fermentación se trasiegan cuando se considera oportuno que termine la fermentación; es decir cuando todo el azúcar ha pasado a alcohol en los vinos secos, o en los dulces cuando el azúcar que azúcar y 7.5% de alcohol) El sistema ordinario para determinar el momento preciso del trasiego consiste en hacer un balance de azúcar y aún queda es el necesario para obtener la mistela deseada. (10.5% de alcohol partiendo de los contenidos inicial y final de azúcar, —medidos por aereometría con las correspondientes correcciones para la temperatura de fermentación— y teniendo en cuenta que el % en volumen de alcohol que habrá en el vino será igual al % de azúcar que se desdobló multiplicado por 0.6. Un factor muy importante para hacer esta determinación, aunque no parece muy científica es el sabor de los jugos.

El trasiego de las tinas se hace abriendo la válvula lateral sobre un canal de 30 x 30 cms. de sección que está inclinado hacia el extremo de descarga con una pendiente de 3%. El canal de drenaje está cerrado en la parte alta y en la parte baja tiene un ensanchamiento que termina en un depósito de 30 cms. de altura y 40 x 60 de base; la entrada al depósito está separada del resto del canal por dos coladeras con perforaciones de $\frac{1}{2}$ " , que tiene por objeto detener el orujo que no formando parte del sombrero, logra pasar unas jaulas de madera cubiertas con escobajo con que se protege la descarga de las tinas.

El jugo fermentado se saca del depósito por medio de unas mangueras de 5 cms. (2") de diámetro y se lleva a las fosas de transmisión, que son unos recipientes subterráneos de concreto donde se acumula el líquido que se está trasegando, para que la bomba que lo distribuye en la Sala de Elaboración tenga una alimentación regular, ya que en las últimas porciones la operación es muy lenta.

Las fosas de transmisión se construyen subterráneas a pesar de los inconvenientes que tienen esta clase de depósitos, para economizar tiempo y dinero, atendiendo a que sus defectos pierden importancia en este caso por ser de uso transitorio y porque la tubería que lleva los líquidos de la Sala de Fermentación a la de Elaboración o a los depósitos de vinetas, también es subterránea.

En nuestro caso las fosas de transmisión tendrán una capacidad de 4,000 lts., que es un 30% menor del volumen que trasega cada tina (6,000 lts.); y medirán 1 mt. de ancho, 1.50 mts. de profundidad y 2.66 de longitud. Serán dos, una para vinos y otra para vinetas y estarán colocadas a los lados del canal de trasego.

Para su mejor funcionamiento tendrán el fondo inclinado con una pendiente de 4% y en la cubierta de loza de concreto tendrán un registro para llenarlas y para que se pueda entrar a lavarlas.

Como todos los recipientes de concreto destinados a contener vinos, en su construcción se emplean de 10 a 20 kgrs. de cemento, 2 a 2.5 kgrs. de fierro, 0.03 mts. cúbicos de grava y 0.02 de arena por hectólitro de capacidad, sin tomar en cuenta la cimentación que depende del terreno. Antes de usarlos se deben insolubilizar, tanto para que no se destruyan, como para que evitar contaminaciones del vino. Anteriormente el sistema ordinario para insolubilizar el concreto era llenar los depósitos con soluciones de ácido tartárico; pero estudios recientes publicados en la revista *Wines & Vines* demuestran que ese método es perjudicial y que debe sustituirse por un tratamiento de 24 horas con una solución de 1.5% de ácido oxálico, del que se pierden de 20 a 30 grs. por hectólitro de capacidad del recipiente tratado, sin embargo se puede usar varias veces la misma solución solo completando su volumen inicial con agua.

El vino o las vinetas se llevan a través del patio de movimientos a los departamentos respectivos por medio de una tubería subterránea, como ya lo indicábamos. Las características principales de esta tubería son: Es de latón de 5 cms. (2") de diámetro y se protege exteriormente con bloques de concreto perforados, tiene una pendiente de 3% para que los líquidos fluyan por gravedad y descarga en las bombas de distribución del departamento correspondiente. Es subterránea para protegerla de golpes en el patio de movimientos.

BALANCES DE
MATERIALES.

OBTENCION DE VINETAS.

La primera serie de balances tendrá por objeto discutir el método de extracción de vinetas, porque de él depende el mayor o menor aprovechamiento de los jugos fermentados que forman parte del sombrero.

Después de trasegar el jugo fermentado queda en las tinas el sombrero con un volumen de 3,000 lts. y una composición de 83% en peso de líquido y 17% de orujo (cáscaras y semillas). El líquido es jugo de uva fermentado de la misma composición que el que se trasegó y se puede operar de dos maneras: prensando el orujo para extraerle la mayor cantidad de líquido o bien disolverlo con agua, trasegar la vineta producida y prensar el nuevo sombrero que se forma. Para la selección del sistema de trabajo hacemos los siguientes balances.

La B A S E de los cálculos serán 10 toneladas de uva molida que se distribuyen en la siguiente forma:

Trasiego del jugo con 23% de azúcar en volúmen 13º Bé., Densidad: $144.3/144.3 = 1.098 = 1.1$ fermentado hasta 10.5% de azúcar y 7.5% de alcohol.	6,000 lts.
Volúmen total del sombrero	3,000 lts.
Volúmen total en la tina	9,000 lts.

COMPOSICION DEL SOMBRERO.—Suponiendo que se lavó el orujo y se hizo otro trasiego, la parte líquida ocupará aproximadamente el mismo volúmen que el jugo fermentado y tendrá una densidad prácticamente igual a 1. En estas condiciones, en promedio, las prensas reciben un orujo con 83% en peso de humedad y producen un prensado con 61.1%; pudiéndose por lo tanto establecer que los 3,000 lts. que forman el sombrero están compuestos de:

Orujo seco en 10 tons. de uva molida (17% en peso del sombrero)	511 kgrs.
Labado (83% en peso) densidad 1	2,494 kgrs. 2,494 lts.
Orujo seco: volúmen 3,000 — 2,494	506 lts.
Pérdidas en el Prensado: Según datos de catálogo el prensado sale con 61.1% de humedad; tomando como base los 511 kgrs. de orujo seco, el peso de los labados de densidad 1 será: $511 \times 61.1/39.9$	782 kgrs. 782 lts.
Volumen del prensado, orujo seco más lavado que se pierde	1,288 lts.
Volúmen extraído en la prensa	1,712 lts.

Como los volúmenes de lavado que quedan en el sombrero antes y después del prensado son iguales a los de jugo fermentado, conociendo la composición en volúmen del sombrero que producen los labados, conocemos también la del sombrero después del primer trasiego, así como los resultados que daría el prensarlo y podemos establecer un balance de alcohol comparando las pérdidas en los dos casos.

BALANCE DE ALCOHOL

Para establecer el balance consideramos que el jugo fermentado contenía originalmente 23% de azúcar que equivale a $(23 \times 0.6) = 15.8\%$ de alcohol; y que los lavados tienen una concentración final de 5% de alcohol.

Alcohol de 100% en 782 lts. de fermentado que se pierden en la prensa: $782 \times 15.8/100$	123.556 lts.
Alcohol de 100% en 782 lts. de labado que se pierden en el prensado: 782×0.05	39.100 lts.
Alcohol de 100% que se recupera usando los labados en lugar de prensar directamente	48.456 lts.

Por lo cual para una mayor recuperación del alcohol que queda en el sombrero elegimos el método de lavar y prensar el segundo sombrero, en lugar de prensar el primero directamente.

Teóricamente esta operación podría hacerse prensando el orujo con jugo fermentado y disolviendo el prensado con agua, trasegando los labados y volviendo a prensar; pero no resulta costeable porque se necesitaría un día para la primera prensada, dos para el labado y la segunda prensada y la instalación de conductores extra para devolver el prensado de las tinajas de fermentación, con los siguientes retrasos y el empleo de hombres en esos movimientos. Por otra parte sería inútil ya que en las bodegas se utilizan aguardientes de alta graduación obtenidos destilando vinetas de 6% y como según el balance que ponemos adelante no serían suficientes las obtenidas por el método de lavar el sombrero sin prensarlo, se descarta el otro que produce naturalmente menor cantidad.

VOLUMEN TOTAL DE LAS VINETAS.

Una vez seleccionado el sistema de obtención de vinetas, pasaremos a establecer unos balances para determinar la cantidad teórica de vinetas que se necesitan destilar, para tomarla como base de los cálculos de la destilería.

Todos los años, en esta parte del proceso se deben repetir los mismos balances, de acuerdo con el programa de trabajo de la siguiente cosecha, porque la destilería solo se puede hacer trabajar una vez al año y para unas bodegas como las que estamos estudiando, no podrá manejar más que vinetas de 6% de alcohol.

En la práctica hay que tener en cuenta que todas las operaciones que suponen trasiego, a partir de la alcoholización, producen fondos con cantidades variables de alcohol que se recuperan pasándolos al departamento de vinetas y que hay mermas en los procesos, siendo éstos datos esencialmente prácticos y propios de cada instalación y de mucha importancia en los balances reales de alcohol. Otro dato no menos importante para estos cálculos es la eficiencia de la destilería, que ahora no tomamos en cuenta porque estamos encontrando la base para poder determinarla.

En el caso teórico de obtención de moscatel exclusivamente a partir de 100 toneladas de uva moscatel, trasegadas cuando tienen 10.5%

de azúcar y (23 — 10.5) 0.6 = 7.5% de alcohol, para obtener mistelas de 15% de alcohol; sobre la misma B A S E anterior de 10 toneladas de uva molida, tenemos:

Jugo fermentado de trasego con 7.5% de Alcohol	6.000 lts.
Alcohol de 90% necesario para la elaboración de mistelas de 15% a partir de ese jugo.	y lts.
Mistelas de 15% de alcohol obtenidas.	z lts.

En un balance de alcohol se obtiene la siguiente formula:

$$0.075 \times 6.000 : 0.9 y = 0.15 z$$

Y en un balance de volúmenes totales se obtiene esta otra.

$$6.000 : y = z$$

Resolviéndolas simultaneamente encontramos los valores:

$$y = 600 \qquad z = 6.600$$

Refiriendo los 600 lts. de alcohol de 90% a vinetas de 6% resulta que para obtenerlos hay que partir de 9000 lts. de estas.

Para su preparacion tenemos el producto del lavado, que según los balances anteriores hechos para conocer la composición del sombrero están compuestas de:

Jugo fermentado con 15.8% de alcohol	2.494 lts.
Alcohol de 100%	395 lts.
Volúmen de los lavados para obtener una concentración de 5%	7.880 lts.
Agua de lavado	5.386 lts.
Lavado que se pierde en el prensado	762 lts.
Vinetas utilizables de 5%	7.118 lts.

Pero como son insuficientes, hay que completar los 9.000 lts. de vinetas de 6%, aumentando su volúmen y subiendo su concentración, mezclándolos con parte de los 6.000 lts. de jugo fermentado que se trasegaron, y que haciéndolos fermentar totalmente darán una concentración de 15.8% de alcohol. Pero al utilizar parte de mostos para aumentar la riqueza de las vinetas, disminuye la cantidad de fermentado por alcoholizar y por consiguiente el volúmen de vinetas necesarias.

En cálculos hechos teóricamente por el método de prueba y error se encuentra que:

Las vinetas se preparan mezclando:

Vinetas obtenidas de los lavados y la prensa (5% Alc.)	7,118	lts.
Alcohol del 15.8% mezclado para subir la concentración a 6%	726.3	
Volumen resultante de vinetas de 6%	7,844.3	lts.

Alcohol absoluto que contienen esas vinetas es:

Lavado: trasiego y prensa 7.118×0.05	355.9	lts.
Del jugo fermentado para enriquecer:		
726×0.158	114.75	"
7.884×0.0599	470.65	"

El alcohol necesario para la alcoholización será:

	Volúmen	100%
Volúmen por alcoholizar $6.000-726.3$	5,273.7	lts.
Contenido de alcohol $5.273.7 \times 0.075$		395.5
Alcohol de 90% de la destileria (de 7.844lts. de 6%	522.2	lts. 470.65
Total:	5,795.9	lts. 866.15

Para comprobar los resultados obtenidos podemos calcular el volúmen de alcohol absoluto que contendrán 5.795.9 lts. de mistela de 15% de alcohol, que es la que se proyecta fabricar:

$$5.795.9 \times 0.15 = 869.38$$

que checa bastante bien con los datos encontrados.

RESUMEN.—El resumen de los balances anteriores será:

Trasiego a la Sala de Elaboración	5,273.7	lts.
Id. al Almacén de Vinetas	726.0	"
Agua de lavado	5,386.0	"
Vinetas obtenidas del lavado (5% de Alcohol)	7,118.0	lts.
Volúmen de Vinetas de 6% de alcohol	7,844.0	"

Sobre una base de 10 toneladas de uva molida; suponiendo una eficiencia de 100% en la destileria.

BIBLIOGRAFIA.

1.—Foundry Valley & Machine Works. Catalog.

6

PRENSADO
DEL ORUJO.

LA PRENSA

Después de trasegar el jugo fermentado queda en las tinas el sombrero, que de acuerdo con los resultados de los balances, se lava y cuando todo el azúcar que quedaba se ha convertido en alcohol se trasegan las vinetas y luego se prensa el nuevo sombrero para recuperar el máximo posible de vinetas.

La prensa recibe el orujo con 83% de humedad, por una tolva superior que desemboca sobre dos tornillos sin fin paralelos, de las siguientes dimensiones: 1.60 mts. de longitud; 30 cms. de diámetro y 11 cms. de paso. Los sin fin giran a una velocidad de 24 r. p. m. y prensan el orujo contra las paredes que los contienen y contra un cono que cierra la descarga y está gobernado por un resorte. La cámara de prensado está construida con una lámina de 6 mm. de espesor que como el gusano es de bronce endurecido y que tiene aberturas transversales de 50 x 30 mm.

cada 30 mm. colocadas en hileras a 15 mm. de distancia. El prensado sale por el espacio que deja libre el cono de presión y el líquido pasa a través de las ranuras a un colector con una descarga de 3" de donde se lleva a la fosa de transmisión de vinetas y de allí al almacén.

Como el molino, se coloca en el patio de movimientos por las mismas razones. Un modelo de las dimensiones indicadas opera con un motor de 15 HP.; alimentado con orujo de 83% en peso de humedad produce un prensado de 61.1% tratándose de uva moscatel en promedio. Su capacidad es la misma del molino: 20 a 30 toneladas de uva molida por hora, suponiendo que se usa en serie con el molino y que se fermenta el jugo sin orujo. ¹. Trabajándola en las condiciones que establece nuestro proceso, se ha observado que tarda aproximadamente 3 horas para prensar el orujo de 10 toneladas; pero que su lentitud se debe principalmente a que la alimentación es también lenta.

EL CONDUCTOR.

La alimentación se hace por medio de un conductor similar al que se calculó en el molino. El canal de madera de 30 mm. (1.½") tiene una sección transversal de 26 x 22 cms. y está colocado al nivel de las bocas de las tinas de fermentación, entre las dos hileras. El orujo se carga con palas desde el fondo de las tinas, y al terminar el conducto lo entrega a una parte inclinada del canal que lo lleva a la tolva de la prensa.

El conductor propiamente dicho es también de cadena fija de 63 mm. de paso, con trozos transversales de madera, de 5 x 6.3 x 22 cms., colocados cada 1.5 mts.

Está soportado en la parte superior (el regreso) por poleas libres dentadas cada 4.90 mts., y por dos situadas en los extremos, en una de las cuales se aplica la energía.

Para el cálculo del consumo de potencia usaremos nuevamente la fórmula de Stephens Adamson. ².

$$HP. = \frac{0.06 S L F Wc + T (L' F' + H)}{600}$$

Donde:

- S.—Es la velocidad del conductor en pies por minuto; para este tipo la más usual es de 100.
- L.—Es la proyección horizontal del conductor en pies; en este caso es igual a la longitud real, por ser horizontal el conductor que mide 13.1 mts, según las dimensiones de la Sala.
13.1 x 3.28 = 45.5'
- F.—Es el factor de fricción del conductor; según las tablas publicadas con la fórmula, para el tipo del conductor seleccionado (Scraper, flighis on sliding shoes) es de 0.6.

Wc.—Es el peso de las cadenas y de las maderas por pie de conductor (ida y vuelta); según los datos aproximados de John H. Perry ³ es de 10 lbs.

T.—Son las toneladas que mueve por hora; para la capacidad que se desea en la prensa son 6.

L'.—Proyección horizontal de la sección cargada: igual a la del conductor 45.5'

F'.—Factor de fricción de la carga; dato práctico tomado de instalaciones trabajando; 0.5.

H.—Elevación vertical de la carga; en este caso es 0.

Sustituyendo tenemos:

$$HP. = \frac{0.06 \times 45.5 \times 0.6 \times 10 + 6 (45.5 \times 505 + 0)}{600} = 2.95$$

Se selecciona un motor de 3 HP. con reducciones para obtener una polea de 20" de diámetro medio con 24 r. p. m. que mueva al conductor. Este tipo de conductor es apropiado porque se trata de poca distancia y porque no siendo de uso continuo, el consumo relativamente grande de potencia, no tiene importancia y queda ampliamente compensado por el bajo costo de instalación.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.—Foundry Valley & Machine Works.—Catalog.
- 2.—Badger & Mc Cube op. cit.
- 3.—John H. Perry. op. cit.

7

LA DESTILERIA.

SELECCION DEL APARATO.

Aunque según el proceso lo que debía calcularse ahora, sería el almacén de vinetas y después la destilería, empezaremos por esta última, porque al presente por el balance de alcohol del capítulo anterior solo conocemos la cantidad teórica necesaria, suponiendo que en la destilación no se pierde nada. Siendo las pérdidas en la destilería de mucha importancia, primero las determinaremos calculándolas y así conociendo aproximadamente el volúmen real que deberá manejarse estudiaremos el almacén.

Para determinar la clase de aparato rectificador que se elija, hay que tener en cuenta las necesidades de la industria vinícola. Los destilados que se utilizan para la alcoholización de los vinos durante el proceso de elaboración, se diferencian de los demás alcoholes evaporados, en que aquellos deben conservar su sabor y su aroma, para que contribuyan a la formación del bouquet de los vinos en que se mezclan; por

lo tanto deben conservar todas sus impurezas volátiles: alcoholes superiores, éteres aldehidos, aminas, ácidos y bases. La graduación ordinaria de estos aguardientes es de 40° grados G. L. (40% en volumen), pero con frecuencia se utilizan de 90°, que es como nos conviene porque se ahorra mucho espacio de almacenamiento que siempre será muy largo, sin que los costos de producción unitaria y el costo de instalación del aparato sea excesivo, dada la escala en que estamos calculando.

Seleccionamos un aparato de rectificación discontinua, compuesto de un depósito de calentamiento de vinetas con su salida de vapor directamente a una columna de rectificación, cuyo producto pasa a un condensador total y de allí se separa el producto y el reflujo.

Esta clase de aparatos que se usan frecuentemente en la industria del vino, caecen de deflegmadores, porque el producto debe conservar las materias volátiles que le dan el sabor y el olor, y como no hay que efectuar dicha separación, se calculan suponiendo que tanto las vinetas con que se alimentan como los concentrados que producen son mezclas de dos compuestos miscibles; agua y alcohol etílico.

Para operaciones en pequeña escala tienen varias ventajas respecto a las columnas de rectificación continua; la primera es su bajo costo de instalación y mantenimiento; la segunda es su capacidad de obtener altas graduaciones partiendo de vinetas muy bajas en contenido alcohólico, cosa que en los aparatos continuos sólo se obtiene por medio de dos rectificaciones en serie; la tercera es que son muy pequeños y que dentro de ciertos límites de producción, son adaptables a cualquier cantidad de vineta, con solo usarlos mayor número de veces; cuarta son muy fáciles de manejar.

Sus principales desventajas son: la primera, y esta es la principal, es que en ellos se pierde más alcohol en los residuos agotados, aunque se puede disminuir usando los residuos como agua de lavado o mezclándolos nuevamente con las vinetas en tanto aparezca ser costeable en un balance económico especial; la segunda es que su consumo de vapor es fuerte, sobre todo cuando se va llegando al agotamiento, pero en parte queda compensado porque solo se requiere una sola operación, mientras que con aparatos continuos serian necesarias dos y como por otra parte su costo inicial es mucho más bajo paga menos amortización y se compensa un poco más su elevado costo de operación. Pero lo que es factor decisivo para emplear un aparato discontinuo, es que en pequeña escala no pueden operar los aparatos continuos en condiciones costeables.

Desde el punto de vista de la Ingeniería Química, el aparato que seleccionamos tiene las siguientes características:

Equivale a una columna de rectificación que carece de sección de agotamiento y en la cual el depósito que se llena con la vineta por destilar, equivale a la placa de alimentación y trabaja como placa teórica, es decir que el líquido que contiene y el vapor que produce están en equilibrio.

Aun cuando al empezar a trabajar el aparato no se pusieran vinetas precalentadas, se considera que el alimento es líquido a su temperatura de ebullición, porque solo cuando se llega a esta temperatura empieza a trabajar la columna y el depósito se convierte en placa de alimentación; de aquí resulta que la línea de "q" es vertical.

Conforme va avanzando la destilación, el líquido por evaporar va perdiendo su riqueza en el componente más volátil; o lo que es lo mismo, la concentración del etanol en el alimento es variable, tendiendo rápidamente a disminuir, lo cual se contrarresta aumentando el reflujo, en lugar de aumentar el vapor alimentado para la calefacción y el área de transmisión de calor en el serpentín.

La destilación se detiene cuando el reflujo ha crecido de manera que la cantidad que hay que evaporar en la placa de alimentación por unidad de producto es excesiva, porque aunque la cantidad de vapor por unidad de tiempo es constante, aumenta con relación al producto.

METODO DE CALCULO.

El método se empleará para el cálculo de la columna de rectificación será el de Mc.Cabe y Thiele (Cfr.: Badger & Mc.Cabe, op. cit., John H. Perry, op. cit., Robinson & Gilliland., cfr.: Bibliografía de éste capítulo) usando el diagrama de equilibrio que publican estos autores, construido con datos empíricos.

La construcción del diagrama de equilibrio por los métodos teóricos ordinarios, falla porque el sistema agua-etanol no sigue las leyes de Raoult y de Henry, y la Ecuación de Duhem ² que se aplica algunas veces en estos casos.

$$\frac{d \ln p_1}{d \ln p_2} = \frac{1 - x}{x}$$

Es una ecuación empírica deducida de las curvas que dan los datos experimentales, y no se puede usar sino se dan junto con ella otras relaciones también experimentales para las presiones parciales, porque en la forma en que está presentada tiene una variable independiente X y dos variables dependientes que son las presiones parciales; resultando imposible resolver una ecuación con tres incógnitas.

Un diagrama de equilibrio construido partiendo de las curvas de presión de vapor del agua ³, de las presiones de vapor del etanol encontradas con valores publicados en forma de tablas (Perry, op. cit.) mediante la Línea de Dühring y las tablas de punto de ebullición de la mezcla agua-etanol de Mariller (op. cit.) es una línea prácticamente recta y paralela al eje de X con un valor de Y de 0.69.

Para que se pueda usar el diagrama de equilibrio que emplearemos

es necesario que el sistema agua-etanol tenga un sobre-flujo molar constante y para ello se requiere que los calores latentes de vaporización de las sustancias mezcladas sean aproximadamente los mismos y permanezcan prácticamente constantes a las diversas temperaturas de ebullición de los condensados en las distintas placas. Dicho de otro modo, los calores latentes de vaporización de los líquidos condensados en cada placa deben ser aproximadamente constantes, para que se pueda suponer que una mol de vapor al condensarse evapora a otra mol del líquido que se encuentra en el siguiente estadio de la rectificación.

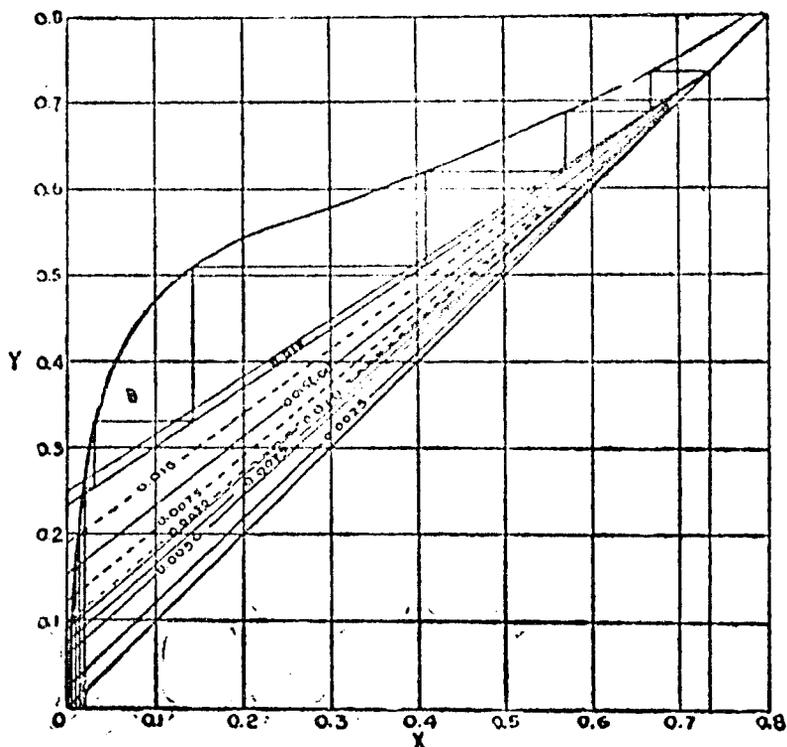


Fig. 2.—Cálculo gráfico del número de placas teóricas.

Uno de los criterios fundamentales para ver si un sistema tiene una constante molar de vaporización y otra de sobre-flujo es la Regla de Trouton, que establece que para grupos de compuestos químicos más o menos similares la relación entre el calor latente molar y la temperatura absoluta de ebullición es una constante.

La constante de la Regla de Trouton para el Etanol:

Punto de Ebullición: 78.3°C.

Calor Latente de Vaporización: 204 cal/gr.

Peso Molecular: 46.07.

Valor de la constante: $204 \times 46.07 / 273 + 78 = 26.72$.

La constante de la Regla de Trouton Para el Agua:

Punto de Ebullición: 100°C.

Calor Latente de Vaporización: 438 cal/gr.

Peso Molecular: 18.

Valor de la Constante: ~~538~~ $\times 18 / 273 + 100 = 30.78$.

La diferencia entre los dos valores de la constante es de 4.08 que puede aceptarse; por otra parte en caso de que se quiera asignar al agua un peso molecular ficticio, este sería:

$$\begin{aligned} 538 \times M / 273 + 100 &= 26.7 \\ M &= 15.6 \end{aligned}$$

que sustituido por el real de 18, en el método gráfico no alcanza a producir efectos perceptibles en los resultados. A esta misma conclusión llegan Robinson & Gilliland por otro método (op. cit.)

LOS CALCULOS.

La capacidad del aparato se calculará sobre una base teórica inicial de 8.000 litros de vinetas que se producen en las bodegas según los balances hechos para una molienda de 10 toneladas de uva por día (7.844 lts.). Se le asigna al aparato una capacidad de 2.000 lts. de vinetas en cada carga, para que en cuatro ciclos trabaje las vinetas que producirán teóricamente el alcohol consumido en un día; no se ve la necesidad de aumentar su capacidad calculando sobre el consumo total, porque los dos procesos industriales son independientes y porque de todas maneras la destilería trabajará solamente una corta temporada y no es conveniente aumentar sin razón los gastos de instalación y mantenimiento con un aparato mucho mayor de lo realmente necesario.

COMPOSICION DEL ALIMENTO Y DEL PRODUCTO.—C o m p o s i -
ción del Alimento (Xa).—El Alimento inicialmente es una
vineta de 6º alcohólico; es decir que tiene 6% de alcohol en volúmen;
pasando a composición molar en kilos mol de alcohol por kilo mol de
solución tenemos:

En 100 lts. de vineta hay 6 de alcohol absoluto con una densidad de 0.78505, que pesan 4.71 kgrs.

Siendo el peso molecular del etanol 46.07, habrá: $471 / 46.07 = 0.1022$ kgrs. mols de etanol. Habrá además 94 lts. de agua que pesan 94 kgrs. y que son $94 / 18 = 5.22$ kgrs. mol de agua.

El total de kgrs. mol en 100 lts. de vineta es: $0.1022 + 5.22 = 5.3224$; y la composición molar es $0.1022 / 5.32 = 0.019$.

$$X_a = 0.019$$

Composición del Producto (Xp).—Con la misma base y mediante los mismos cálculos tenemos que en un alcohol de 90° (90% en volúmen) hay:

90 lts. de alcohol absoluto que pesan: $90 \times 0.785 = 70.6545$ kgrs. y son $70.6545 / 46.07 = 1.511$ kilos mol de alcohol 10 lts. de agua, que pesan 10 kgrs. y son $1.18 = 0.55$ kgrs. mol.

En 100 lts. de producto hay por tanto $1.511 + 0.55 = 2.061$ mols y la composición molar será: $1.511 / 2.061 = 0.7331$.

$$X_p = 0.7331$$

NÚMERO DE PLACAS.—Conociendo los valores de X_a y X_p , en un diagrama de equilibrio, se elevan ordenadas que tengan X_a y X_p como abcisas hasta encontrar la diagonal en que X y Y son iguales (en estos diagramas X es la composición del líquido en mols, del componente más volátil por mol de solución y Y la del vapor en las mismas unidades); la ordenada que pasa por X_a se prolonga hasta encontrar al diagrama de equilibrio, porque en este caso la línea de "q" es vertical, y uniendo esta intersección con la que forma la ordenada X_p y la línea de X igual a Y se tiene la línea de operación correspondiente al mínimo reflujo, que representa las condiciones teóricas óptimas a que puede operar la columna.

Usando una línea de operación real que cruce a la de "q" un poco más abajo de la de reflujo mínimo se trazan las verticales y las horizontales que sirven para determinar el número de placas teóricas.

Examinando la figura 2 encontramos que se necesitan 6 placas teóricas, siendo la última la de alimentación que según dijimos tiene 100% de eficiencia y es el depósito de evaporación.

El número real de placas será por tanto 5 dividido entre la eficiencia. Construyendo la columna con placas que tengan las siguientes especificaciones: altura de los puertos $\frac{1}{2}$ "; ancho de los puertos $\frac{1}{4}$ "; área libre 1" cuadrada; una profundidad de líquido de $\frac{3}{4}$ "; $\frac{1}{4}$ " de inmersión a la parte superior de los puertos y una velocidad superficial de vapor de 0.21 pies por segundo; se obtiene una eficiencia de 0.7 para la separación de mezclas de agua y alcohol etílico (Perry, p. 1441, op. cit.).

Usando la eficiencia encontrada, el número real de placas será 7, tomando condiciones extremas, ya que con otras líneas reales de operación se encuentran 4 placas teóricas que corresponden a 6 reales. El dato obtenido está de acuerdo con los que se encuentran usando líneas de operación correspondientes a valores de X_a tan bajos como 0.005 y 0.0025 que pudieramos suponer de agotamiento máximo.

AGOTAMIENTO MAXIMO (X_d).—Tratándose de un proceso discontinuo debe tenderse a que las vinetas queden lo más agotadas posible, o lo que es lo mismo que la concentración molar del alcohol X_d al parar la destilación tenga el mínimo valor posible. Como ya dijimos en estos aparatos la concentración del alimento va disminuyendo y en el momento en que se detenga el proceso. X_a de alimento en esas condiciones será igual a X_d de desperdicio.

Por lo tanto la manera de determinar hasta qué valor de X_d debemos llegar, será averiguar hasta qué condiciones de alimentación X_a es costeable trabajar al aparato.

Como para cada valor se obtiene un reflujo mínimo (R') trazando la línea de operación que pasa por la intersección de la línea de "q" y el diagrama de equilibrio, se verá para qué valor de X_a la R' es demasiado grande y ese será el valor que demos a X_p .

El Reflujo es la relación que hay entre las mols de destilado que se hacen recircular y las mols de producto; por lo cual el número de mols que habrá que evaporar por mol de producto será $R + 1$ y el consumo de vapor será proporcional a esa cantidad, de manera que llegará un momento en que debido a la poca concentración del alimento y al correspondiente aumento de R , el consumo de vapor de calentamiento por mol de producto sea excesivo y la operación incosteable.

Teniendo en cuenta que el reflujo mínimo es el límite teórico, tomaremos líneas de operación lo más próximas posible a la de reflujo mínimo, pero que den valores reales, para deducir de ellas R .

Basándonos en el método de Mc. Cabe y Thiele sabemos que las líneas de operación son rectas que tienen la siguiente ecuación:

$$Y_n + 1 = \frac{R}{R + 1} X_n + \frac{X_p}{R + 1}$$

en la cual $X_p/R + 1$ es el valor de la ordenada del punto en que la línea de operación interseca con el eje de Y . Usando el método gráfico encontramos los siguientes valores que presentamos tabulados.

TABLA I.

Xa.	Xp/R + 1	R	Conc. Alc. % Volúmen	Alc. perdido % del vol. inicial.	Xp/R' + 1	R'
0.0025	0.020	35.60	0.82	13.60	0.025	35.66
0.0050	0.060	11.21	1.43	23.00	0.095	6.69
0.0057	0.075	9.70	2.40	51.00	0.120	5.10
0.0100	0.090	7.10	3.10		0.100	3.88
0.0150	0.150	3.90			0.190	2.85
0.0190	0.245	1.99	6.00		0.250	1.93

Para la mejor interpretación de estos datos, en la figura 3 se construyeron las gráficas correspondientes. De su examen encontramos para Xd un valor de 0.0050, que equivale a un grado alcohólico de 1.43, y con el cual se pierde 23% del volúmen total inicial de alcohol absoluto. Una cantidad de alcohol recuperado a partir de este punto supondría consumos muy fuertes de vapor, por que la mayor parte de lo que se evapora se regresaría a la columna para que no bajara la concentración del producto.

BALANCE DE MATERIALES.—Conociendo Xa, Xp y Xd, y habiendo fijado en 2 000 lts. la capacidad del aparato de destilación, que es apropiada para una producción de vineta correspondiente a 10 toneladas diarias de molienda, y cuyo volúmen varia de 7.844 a 10.000 litros, se puede establecer un balance de materiales.

A l i m e n t o .—En 2.000 lts. de carga con 6% en volúmen de alcohol absoluto, hay 120 lts. de alcohol de 0.785 de densidad, con un peso molecular de 46.07, que son:

$$120 \times 0.789/46.07 = 2.0448 \text{ kgrs, mol de alcohol.}$$

$$1.880 \times 1/18 = 104.4 \text{ kgrs. mol de agua.}$$

$$2.0448 + 104.4 = 106.448 \text{ kgrs. mol totales.}$$

P r o d u c t o .—En las condiciones elegidas de trabajo se pierde, según los cálculos, 23% del volúmen inicial de alcohol, o sea:

$$120 \times 23/100 = 27.6 \text{ lts. Alc. Abs.}$$

Y en el producto quedará el alcohol restante

$$120 + 27.6 = 92.4 \text{ lts. Alc. Abs.}$$

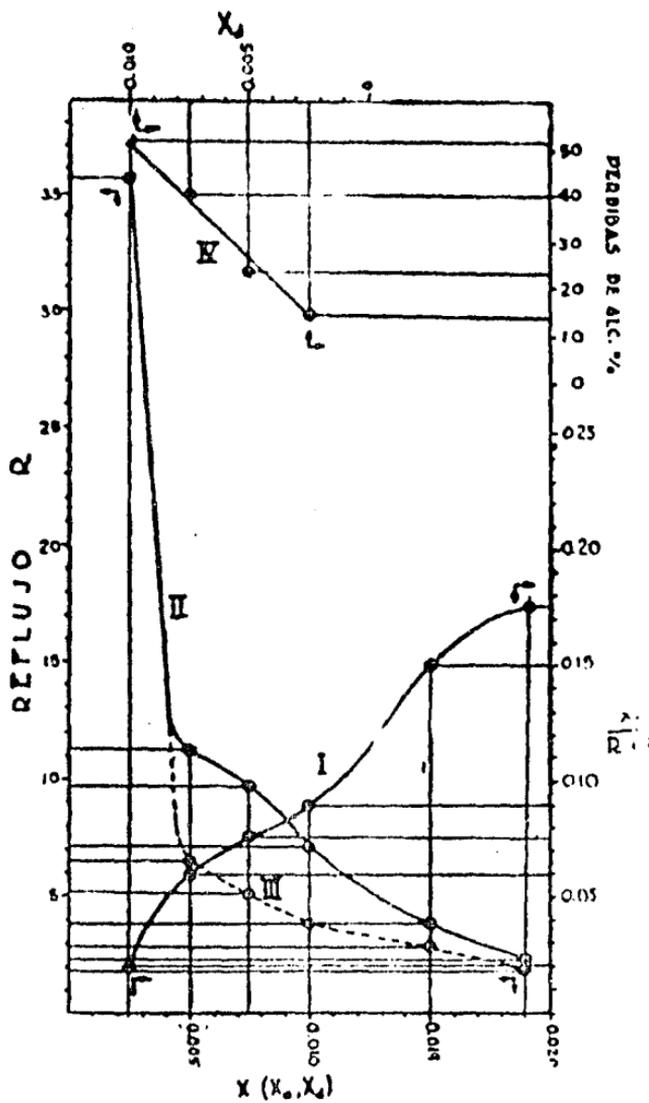


Fig. 3.—Determinación del agotamiento máximo.



Que son:

$$92.4 \times 0.785/46.07 = 1.570 \text{ kgrs. Mol de Alc.}$$

El volúmen total del destilado que contiene 90% de alcohol será:

$$92.4 \times 90/100 = 102.6 \text{ lts.}$$

Por tanto el agua será:

$$(102.6 - 92.4) 1/19 = 0.566 \text{ kgrs. mol de agua.}$$

Y el número de mols totales en el producto será:

$$1.57 + 0.566 = 2.136$$

Residuo.—El residuo tendrá un volúmen de:

$$2000 - 102.6 = 1.897 \text{ lts.}$$

Distribuido como sigue:

$$\text{Agua: } 1880 - 10.2 = 1.869.8 \text{ lts.}$$

$$\text{Alcohol: } 120 - 92.4 = 27.6 \text{ lts.}$$

Que están de acuerdo con el dato anterior:

$$1.869.8 + 27.6 = 1.897.3 \text{ lts.}$$

Y que están de acuerdo con el dato de concentración encontrado por métodos gráficos y que daba para X_d un valor de 1.43; ya que según este balance su concentración será:

$$26.7 \times 100/1.897.34 = 1.45$$

Balance Molar.—

Agua: Alimento	104.4	
Producto		0.566
Desperdicio		103.834
Total	104.4	104.400

Alcohol etílico:	Alimento	2.0448	
	Producto		1.57
	Desperdicio		0.47
	Totales	2.0448	2.04
Mols totales:	Alimento	106.4448	
	Producto		2.136
	Desperdicio		104.304
	Totales	106.4448	106.440

DIMENSIONES DE LA COLUMNA.—Habiendo establecido los balances anteriores, se puede calcular el diámetro de la columna y el consumo de calor del aparato; ambos datos se calculan en relación a unas condiciones fijas, que son las iniciales.

El diámetro de la columna debe de estar en función del gas evaporado inicialmente, ya que después circula el mismo volumen y la única diferencia está en que parte de los gases son producto del vapor obtenido del reflujo. Inicialmente tenemos un reflujo real de 2.18, lo que significa que por cada kilo mol de producto que se obtenga hay que evaporar 3.18 kgrs. mol. Suponiendo que el aparato va a tener un rendimiento inicial de 1.5 kgrs. mol por hora y que los vapores siguen la ley general de los gases, por cualquier sección de la columna circularán por segundo:

$$1.5 \times 3.18 \times 22.4 \times 1000(273 + 95.11)/273 \times 3600 = 40 \text{ lts./seg.}$$

Siendo: 1.5 x 3.18 el número de mols que se evaporan por hora; 22.4 x 1000 el volumen de 1 kgr. mol de vapor a 0°C y 760 mm de Hg.; 95.11 la temperatura de ebullición en grados centígrados de el alcohol de 6%; y 3 600 los segundos que hay en una hora.

El diámetro de la columna se puede deducir del vapor que circula por la columna en pies cúbicos por segundo:

$$40 \times 0.0353 = 1.412$$

y de la velocidad superficial del vapor, que al seleccionar la placa quedó fijada en 0.21 pies y que es el resultado de dividir el volumen por segundo entre el área transversal de la columna, por lo tanto el área será igual a:

$1.412/0.21 = 6.27$ pies cuadrados que corresponden a un diámetro de 2.9 pies, que es la raíz cuadrada del cociente $6.72/0.7854$ y que equivale a 88.3 cms. internos libres, de diámetro en la columna.

La altura de la columna depende de la separación que se dé a las placas; Perry (op. cit.) considera apropiada una separación de un pie, es decir 30.48 cms., según los datos prácticos de los constructores.

CONSUMO DE CALOR.—El consumo de calor también se calcula según las condiciones iniciales, porque al agotarse el alimento aumenta el reflujo y disminuye el rendimiento, pero no aumenta la cantidad de mols evaporadas por unidad de tiempo. El número de mols. de vineta de 6% de alcohol es volúmen que según nuestro supuesto se evaporan por hora es de 3.18 y tiene las siguientes características: Puntos de ebullición de 95.11° C.; composición molar de 0.019 mols de alcohol y 0.981 de agua, que corresponden a un peso molecular de 18.433; y un calor latente de 520.75 calorías por gramo (Mariller, p. 170. Op. cit.)

El consumo de calor por hora para una capacidad inicial de 1.5 kgrs. mol, será de:

$$1.5 \times 3.18 \times 18.433 \times 520.75 = 45.787.14 \text{ calorías}$$

Por otra parte el calor absorbido en el condensador, donde se maneja el alcohol de 90% en volúmen con un peso molecular de 38.64, y un calor latente de vaporización de 255.64, será:

$$1.5 \times 3.18 \times 38.64 \times 255.64 = 47\ 117.35 \text{ calorías}$$

CONDENSADOR.—Para el cálculo del condensador, haremos algunos supuestos: Trabaja en contracorriente y se construirá con varios juegos de dos tubos concéntricos de cobre, de 1" 18 BWG y 1½" 16 BWG; por el interior circulará el vapor de alcohol etílico de 90% y se condensará mientras que por el espacio anular pasará el agua de enfriamiento cuya temperatura de alimentación consideraremos de 15° C por ser la temperatura del agua de pozo en Guadalajara.

Calor que se va a transmitir.—Según los datos que acabamos de encontrar será: 47.117.35 cal/hr.

$$47\ 117.35 \times 1.8 = 84\ 812.23 \text{ Btu./hr. (q)}$$

Número de tubos.—Con los datos encontrados al calcular el diámetro de la columna y el consumo de calor del aparato podemos deducir que al condensador pasarán 5.083 pies cúbicos por hora; suponiendo que dentro del tubo de 1" circulen a una velocidad de 25 pies por segundo, cada tubo conducirá por hora:

Sección del tubo 1", 18 BWG. 0.638" o 0.00443 pies cuad.

$$0.00443 \times 3600 \times 25 = 387 \text{ pies. cub./hr. x tubo.}$$

El número de tubos será el volumen total dividido entre lo que conduce cada tubo:

$$5.083/387 = 13.01 \text{ o sea } 13 \text{ tubos.}$$

Temperatura de Salida del Agua.—

El área de la sección anular entre los dos tubos, por donde pasa el agua es:

Area interior (transversal) del tubo de 1½"	1.473"
Area exterior (transversal) del tubo de 1"	0.785"
<hr/>	
Area libre para el paso del agua	0.688" cuad.
Area total: 0.688 x 13/144	0.0621' "

Suponiendo que el agua circula a una velocidad lineal de un pie por segundo y este a una temperatura de 15°C' o sea de 59°F, por los 13 espacios anulares en una hora circularán:

$$0.0621 \times 1 \times 3600 \times 62.42 = 13.953 \text{ lbs. de agua.}$$

La temperatura de salida del agua será:

$$5.083/13.953 \times 1 = 0.36^\circ\text{F} \quad 59 + 0.36 = 59.36^\circ\text{F.}$$

Caida Media de Temperatura.—

$$\Delta t_1 = T_1 - t_1 = 174 - 59.36 = 114.64^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_2 = T_2 - t_2 = 174 - 59 = 115^\circ\text{F.}$$

T₁ la tomamos igual a T₂, porque en el condensador, el liquido producido quedará a la temperatura de ebullición para poder efectuar el reflujo. Como las dos diferencias de temperatura son casi iguales, se puede tomar con exactitud la media aritmética.:

$$(114.64 + 115)/2 = 114.82^\circ\text{F.}$$

Coeficiente de Película del Agua.—

Usaremos una fórmula que se aplica a flujo de calor entre líquidos que circulan dentro de tubos redondos lisos (el nuestro es de cobre) que dentro de las especificaciones que deben regir para su empleo queda en la siguiente forma:

$$h_i = 0.225 \frac{K}{D} \left(\frac{D u \rho}{\mu} \right)^{0.8} \left(\frac{C \mu}{K} \right)^{0.4}$$

En ella, los valores de las literales se fijan por medio de tablas prácticas que se encuentran en los libros y catálogos que se refieren al asunto:

D.—Diam. int. del tubo de 1½" 16BWG.	0.137"	
Area del Círculo de diam. 0.137"	1.474"	cuad.
Id de 1"	0.785"	cuad.
Area libre entre los dos.	0.689"	cuad.
Factor de Forma: 0.689/(13.142 x 12) = 0.01828 pies		
O = 4 x 0.01828 = 0.07312.		

k.—0.34

u.—1 x 3600 = 3600

p.—62.42

μ.—1.1 x 2.42 = 2.66

C.—1.

$$h_i = \frac{0.34}{0.0731} \left[\frac{0.0731 \times 3600 \times 62.42}{2.66} \right]^{0.8} \left[\frac{1 \times 2.66}{0.34} \right]^{0.4} = 238.16$$

Coefficiente de Película del Condensado.—

Partiendo de la fórmula de Nusselt para transmisión de calor a través de la película de condensado en tubos rectos horizontales donde se da la condensación en película:

$$h = 0.725 \sqrt[4]{\frac{K^3 \rho^2 g \lambda}{D \mu \Delta t}}$$

y suponiendo que la resistencia al flujo de calor en esta película es aproximadamente igual a la que ofrece la película del agua de enfriamiento, la diferencia de temperatura entre la película que estamos calculando y la pared metálica será:

Temperatura media del vapor	174° F
Temperatura media del agua de enfriamiento	57.18° F
Caida entre el metal y pel. de cond.	114.82/2 = 57.41° F

tomando las constantes referidas a alcohol de 90% con las aproximaciones que permiten las tablas tenemos:

$$k. - 0.09 \quad k' = 0.00073$$

$$\rho. - 54.3 \quad \rho' = 2949$$

$$g. - 255 \times 1.8 = 459$$

$$D. - 0.902/12 = 0.0735$$

$$\mu. - 0.36 \times 2.42 = 0.82$$

$$h_1 = 0.725 \sqrt{\frac{0.00073 \times 2949 \times 4.18 \times 10 \times 459}{0.00735 \times 0.82 \times 57.41}} = 463.15$$

Para ver si la caída de temperatura que supusimos está de acuerdo con la realidad, calculamos las resistencias individuales.

Resistencia de la Película del agua:

$$\frac{1}{h_1 A_1} = \frac{1}{h_1 D_1} = \frac{1}{238.16 \times} = 0.0042$$

Resistencia del metal:

$$\frac{L}{K A_m} = \frac{L}{K D_m} = \frac{0.048/12}{222 \times 1.902/2} = 0.00002$$

Resistencia de la Película de condensado:

$$\frac{1}{h_2 A_2} = \frac{1}{h_2 D_2} = \frac{1}{463.1 \times 0.902} = 0.00233$$

$$0.00655$$

Según las resistencias encontradas con los coeficientes de película la caída de temperatura que se debe usar en la fórmula de Nusselt es:

$$(174 - 59.1) 0.0023/0.00655 = 40.12^\circ \text{ F.}$$

Que es más próxima a la realidad que la primera que tomamos como referencia; suponiendo que los demás datos permanecen constantes y sustituyendo en la fórmula encontramos para h_2 un valor de

$$h_2 = 503$$

que es bastante aproximado, porque si se repitiera todo el proceso para corregir este dato, apenas habria una pequeña variación y lo tomamos como el coeficiente de película del condensado.

Coefficiente total.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{D_m L}{D_2 K} + \frac{1}{D_2 h_2}}$$

Donde:

$$D_1 = 1'' = 0.0833' \quad D_m = 0.95'' = 0.0792' \quad D_2 = 0.902'' = 0.0752'$$

$$h_1 = 238.16 \quad h_2 = 503$$

$$k = 222$$

$$L = 0.049'' = 0.00401'$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{238.16} + \frac{0.00401 \times 0.0833}{0.0792 \times 222} + \frac{0.0833}{0.0752 \times 503}} = 154.5$$

Area Total del Condensador.—

$$q = U A \Delta t$$

$$84.812.23 = 154.5 \times A \times 114.8$$

$$A = \frac{84.812.23}{154.5 \times 114.8} = 4.781 \text{ pies cuad.}$$

Longitud de los tubos del condensador.—Siendo el coeficiente de película del condensado mucho menor que el del agua, usaremos para el cálculo del número de tubos el diámetro y el área interiores. El área interior de un tubo de 1" 18 BWG. por pie de longitud es: 0.236' cuad.

La longitud de los tubos será:

$$(4.781/0.236)/13 = 1' 7.1/32''$$

SERPENTIN.—Para el cálculo del serpentín que va en el depósito donde se evapora la vineta de 6% usaremos la fórmula fundamental de transmisión de calor:

$$q = U A \Delta t$$

Caída de Temperatura (Δt).—Para calcular este dato vamos a suponer que dentro del serpentín se maneja vapor de 20 lbs. gage (34.7 lbs./pulgada cuad. Abs.); sabiendo por otra parte que el líquido que se va a evaporar es alcohol de 6% conocemos su temperatura de ebullición:

Temperatura del vapor de agua	258° F.
Temperatura de vineta a su punto de ebullición	204° F.
Caída total de temperatura	54° F.

Coefficiente Total de Transmisión de Calor (U).—Este dato es experimental y solo se puede encontrar conociendo las constantes de trabajo; sin embargo lo determinaremos teóricamente con alguna aproximación, para fijar un área de calentamiento y una longitud del serpentín que no resulten excesivamente desproporcionadas.

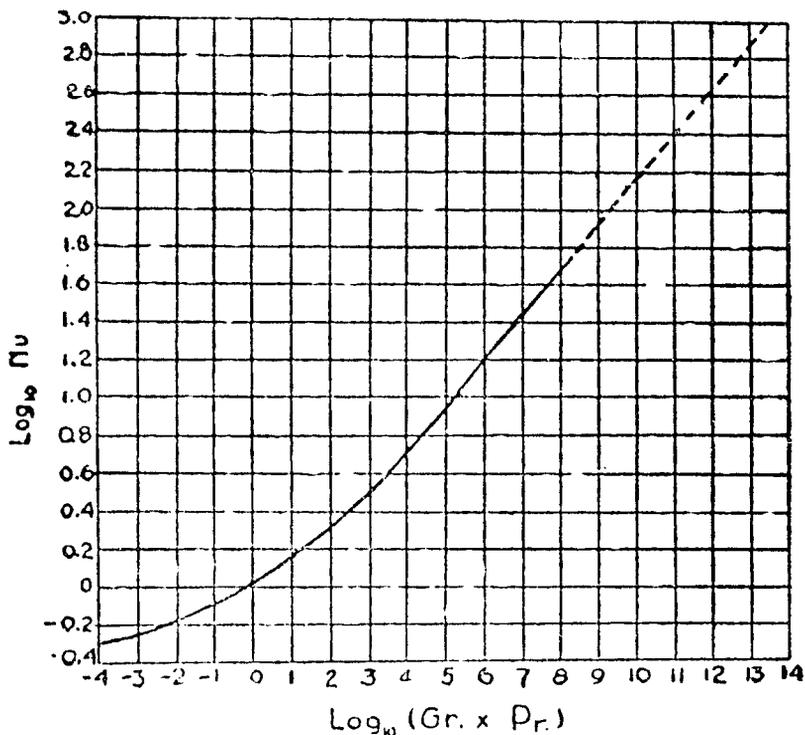


Fig. 4.—Transmisión de calor entre cilindros horizontales y fluidos en convección natural.

En este caso tomaremos el coeficiente de película del lado de las virutas como el coeficiente total, porque es mucho menor que el coeficiente de los otros dos y por lo tanto la caída total de temperatura en el sistema también afectará a la pared metálica y la velocidad que produce el flujo concentrará en muchos casos sus constantes tienen valores prácticamente iguales a los del agua pura.

En la tabla 4 (Baker & Mc. Cabe p.134 op. cit.) la gráfica de la caída de virutas por encima el logaritmo de base 10 del producto de los números de Grashof y de Prandtl, y su valor es:

$$\log_{10} (Gr \cdot Pr) = \log_{10} \left((q \cdot D)^2 \cdot \Delta t \cdot \rho^2 \cdot \beta \right) \cdot (C_p / K) \quad \log_{10} \left(\frac{q \cdot D^2 \cdot \Delta t \cdot \rho^2 \cdot C}{K} \right)$$

$$\log_{10} \left(\frac{4.75 \times 10^8}{2.42} \right) = 0.175$$

$$V_1 \text{ Vol. esp. a } t_1 = \frac{1}{p} = \frac{1}{59.88} = 0.0134$$

$$V_2 \text{ Vol. esp. a } t_2 = \frac{1}{p} = \frac{1}{60.36} = 0.0165$$

$$V_3 \text{ Vol. esp. a } t_3 = \frac{1}{p} = \frac{1}{60} = 0.0166$$

$t_1 = 204; t_2 = 210; t_3 = 190; \Delta t = 20; F. \Delta t = t_1 - t_3$

t_1 y t_3 son temperaturas de referencia más o menos equidistantes de la temperatura fundamental

$$\beta = \frac{V_1 - V_2}{V \cdot \Delta t} = 0.00572$$

- $\Delta t = 54$
- $p = 60$
- $C_p = 0.280 \times 2.42 = 0.6776$
- $K = 0.392$
- $C = 5.7075 \times 1.8 = 937.35$

ritmos de estos números y efectuando las operaciones con la fórmula encontramos:

$$(Gr. \times Pr.) = 12.943925$$

Responde a una ordenada de 2.89

$$Nu = \log(hD/K) = 2.89$$

$$Nu = 776$$

$$776 \times 0.175 = 1700$$

Área de Transmisión de Calor

Área de Transmisión = $82\ 406.85/1700 \times 54 = 0.9'$ cuad.

El tubo de cobre No. 10 BWG., tiene una superficie exterior de 0.243' cuadrado por pie de longitud equivalen a:

$$0.9' \text{ cuad.} / 0.517' \text{ lineal} = 1.72' \text{ lineales de tubo.}$$

Longitud de los Tubos

La capacidad calorífica del aparato es de 82 407.25 Btu/hr; y el vapor de agua a 212° F. requiere 970 Btu. por libra y cada libra en esas condiciones requiere 11.34' de tubo. Por tanto por el serpentín tendrán que pasar 7.23' de tubo.

$$11.34' \times 0.64 = 7.23'$$

$$7.23' \times 0.031 = 0.227' \text{ cúbicos/segundo.}$$

$$0.227' \times 3.14 = 0.71'$$

El tubo de No. 10 BWG, tiene un área transversal de

$$0.71' / 44 = 0.0163' \text{ cuad.}$$

La velocidad que deberá pasar por segundo el vapor en el aparato para proporcionar el calor necesario será:

$$0.71' / 0.0163' \text{ cuad} = 17.6' / \text{segundo}$$

que es una buena velocidad y como se calculó con el área transversal de 0.0163' cuadrado, el tubo constará de un tubo de cobre de 2" 10 BWG de 1.72' pies de longitud, que para garantizar el buen funcionamiento se aumentará al doble.

TAJOS PARA LA CASA DE CALDERAS. Se deduce que se deben proporcionar a la casa de calderas, para un η de 0.75, un η de 0.85, y un η de 0.90, para los valores de η de 0.75, 0.85, y 0.90, respectivamente, en la casa de la Caldera.

En la distilación, se emplea un η de 0.75, un η de 0.85, y un η de 0.90, para los valores de η de 0.75, 0.85, y 0.90, respectivamente, en la distilación.

BIBLIOGRAFIA.

1. Distillation et Rectification des Liquides Industriels, Charles Murrer, Dunod, Giff Paris, 1933.
2. Elements of Fractional Distillation, Robinson & Gilliland, McGraw-Hill, International Chemical Series, New York, 1939.
3. Badger & McCabe, *op. cit.*
4. John H. Perry, *op. cit.*
5. Onas, *op. cit.*, consultado en Industrial Chemical Calculations, Hougren & Watson, John Wiley & Sons, 2a Ed. New York.



ALMACENAMIENTO Y ALCOHOLIZACIÓN.

ALMACENAMIENTO.

ALMACÉN DE VINO TALL. Para el almacenamiento de vinos, como para la Sala de Fermentación y la de Conservación, hay que tener en cuenta el volumen total que van a contener y adquirir recipientes de madera (o con forro de zinc olo) de una capacidad apropiada, acomodándolos con espacios intermedios como se muestra en la Sala de Fermentación.

En todos estos depósitos, debe asegurarse la ventilación y los pisos para las botas, en el caso que alguna botella se llene por tubera, ésta será mediante una pipa, como se ilustra en la figura. Los de madera, de forma generalmente plana, como tienen medidas fijas y los construcciones, les proporcionan con todos sus accesorios, son solo de tres la capacidad apropiada que deben tener.

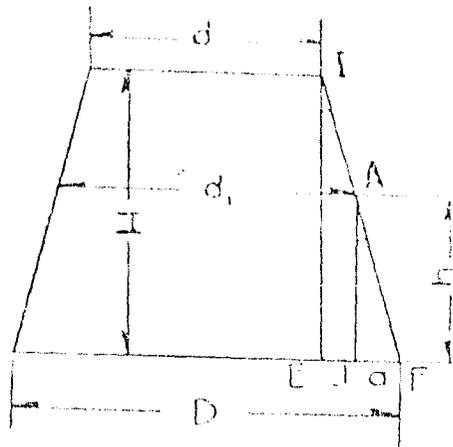


Fig. 1 Esquema de corte de un recipiente tronco cónico.

Por trigonometría, en el triángulo JAF

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} A &= a/h \\ (H-a) &= h \operatorname{tg} A \end{aligned}$$

Pero como los triángulos IEF y JAF son semejantes por tener un ángulo y el lado opuesto paralelo, el ángulo en E es igual al ángulo en A. Además en el triángulo IEF:

$$\operatorname{tg} E = \operatorname{tg} A = EF/H$$

Pero:

$$EF = (D - d)/2$$

Sustituyendo:

$$\operatorname{tg} A = \frac{(D - d)/2}{H} = \operatorname{tg} A = (D - d)/2H$$

Sustituyen en (1) tenemos:

$$a = \frac{h(D - d)}{2H} \quad 2a = (D - d) h/H$$

Pero por construcción, $d_1 = D - 2a$.

$$D = D_0 + H(d - D_0)$$

Una vez conocida d , en función de las constantes, la variable x necesaria, se aplica la fórmula general para encontrar los volúmenes de los troncos de cono.

$$V = 0,26179 H (D^2 + Dd + d^2)$$

Con esta fórmula se hacen una tabla para un depósito que tenga los siguientes constantes:

$$\begin{aligned} D &= 3,415 \text{ mts.} & d &= 3,477 \text{ mts.} & H &= 3,965 \text{ mts.} \\ D &= 14,2542 & d &= 12,1594 & H &= (D-d)/H = 0,88317 \end{aligned}$$

Varando los valores de h , en metros, resulta:

TABLE II

h	d	Dd	D^2	$Dd + d^2$	$V(\text{m}^3)$	N (lts.)
3,7735	14,2580	14,369	43,176	0,5	0,5	28,3
3,7319	13,9192	14,2375	42,7046	1,0	1,0	11,190
3,6903	13,5805	14,0773	42,2399	1,5	1,5	16,581
3,6486	13,2416	13,9906	41,7774	2,0	2,0	22,046
3,6070	12,9026	13,8796	41,3174	2,546	2,546	27,606
3,5653	12,5634	13,7513	40,8594	2,9	2,9	32,319
3,5237	12,2242	13,6034	40,4036	3,3	3,3	37,184
3,4820	11,8851	13,4363	40,0504	3,646	3,646	41,928

Note el valor $h = 2,115$ se dio para ver la precisión del método.

Construyendo la gráfica con los valores d de la *table II*, se obtiene una línea recta que pasa por el origen (O) y por el punto que define la capacidad máxima (C) y cuyos puntos se aproximan a los anteriores al aplicar la fórmula.

En la figura 6, es el triángulo OMC

$$\tan O = h/c = h_0 + c \tan O$$

Pero $\tan O$ es la pendiente de la recta, es decir, el cociente que resulta de dividir la altura (D) máxima entre la máxima capacidad (V) que es constante para cada depósito.

$$\frac{h}{V} = \frac{D}{V_0}$$

Altura del depósito
Capacidad máxima.

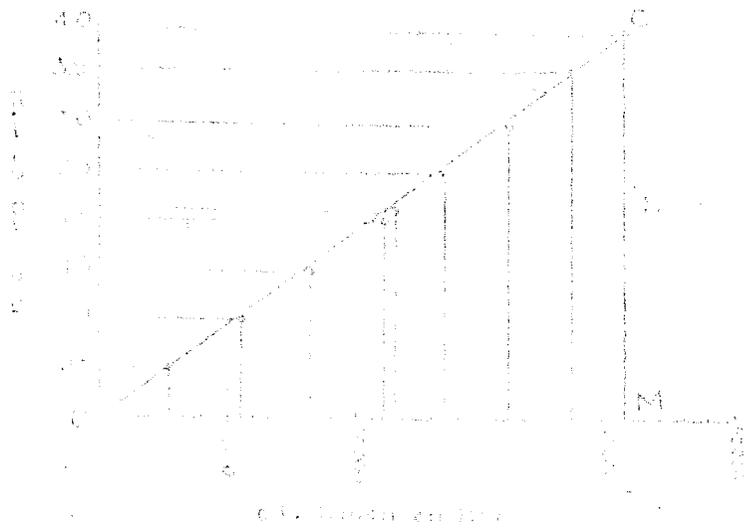


Fig. 1. Relación entre la altura de un tubo en un líquido y la densidad del líquido

Sea h la altura en h , y P la altura en h . Se tiene:

$$h = \frac{P}{\rho \cdot g}$$

donde h es la altura, P es la presión, ρ es la densidad del líquido y g es la aceleración de la gravedad. Este resultado se obtiene al dividir el resultado de entre la densidad y la gravedad por el resultado de la densidad y la gravedad.

I N D I C E

	Pages.
I. Introduction	5
II. The Elementary and Algebraic Methods	7
III. The Methods of the Differential Calculus	11
A. Methods	19
B. The General Formulae	23
C. The General Formulae	27
D. The General Formulae	35
E. The General Formulae	39
F. The General Formulae	49