T
666.1
G163

PROYECTO Y ESTUDIO PARA LA INSTALACION DE UNA FABRICA DE VIDRIO PLANO

INGRESADO A INVENTARIO CON ORD. No.

POR

JULIO VICENTE GALLARDO LOAYZA

SUPERVISOR: ENRIQUE GAETE

Ingeniero Mecánico

TESIS SOMETIDA COMO REQUERIMIENTO PARCIAL PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO MECANICO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

1969.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL 1969 GUAYAQUIL

BIBLIOTECA

DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta Tésis, corresponden exclusivamente al autor.

(Artículo Sexto del Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.)

Julio V. Pallardo Loayza.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
1959
GUAYAQUIL

BIBLIOTECA

PROYECTO Y ESTUDIO PARA LA INSTALACION DE UNA FABRICA DE VIDRIO PLANO

TESIS APROBADA POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Firma del Autor .....

Certificado .....

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
1959
GUAYAQUIL - ECUADOR
BIBLIOTECA

PROYECTO Y ESTUDIO PARA LA INSTALACION DE UNA FABRICA DE VIDRIO PLANO

PRIMERA PARTE

INTRODUCCION

I.- VIDRIO

II.- NATURALEZA DEL VIDRIO

III.- COMPOSICION DEL VIDRIO

IV.- MATERIA PRIMA UTILIZADA EN LA FABRICACION DEL VIDRIO

V.- FUSION DEL VIDRIO

VI.- VIDRIOS PLANOS

VII.- ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL HORNO DE FUNDIR VIDRIO

VIII.- APARATOS DE CONTROL DE UN HORNO DE HACER VIDRIO

IX.- REFRACTARIOS USADOS EN HORNOS DE HACER VIDRIO

X.- DIMENSIONES DEL HORNO

XI.- CALCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA CHIMENEA

XII.- CALCULO DE LOS LADRILLOS UTILIZADOS EN LA CHIMENEA

XIII.- CALCULO DE LOS LADRILLOS DEL HORNO

XIV.- CALCULO DEL REGENERADOR

XV.- CALCULO DE LA COMPOSICION DEL HORMIGON

XVI.- CALCULOS DE COMBUSTION

XVII.- CALCULO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL VIDRIO

XVIII.- CALCULO DE LOS OXIDOS DE LAS MATERIAS PRIMAS DEL VIDRIO

XIX.- CALCULO DE LA MATERIA PRIMA A BASE DE LA FORMULA QUIMICA DEL VIDRIO, CUANDO SE CONOCE EL PORCENTAJE EN PESO

XX.- DESCRIPCION DE LA MAQUINARIA A USARSE EN LA FABRICA DE VIDRIO DE VENTANA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
1959
GUAYAQUIL
BIBLIOTECA

SEGUNDA PARTE

I.- ESTUDIO DEL MERCADO

II.- MAQUINARIAS Y EQUIPOS

III.- TAMAÑO Y LOCALIZACION DE LA PLANTA

IV.- INVERSION Y FINANCIAMIENTO

V°4 COSTOS

VI.- PRECIO DE VENTA

VII.- PRONOSTICO FINANCIERO

VIII.- CALCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

TERCERA PARTE

ANEXO A .- TERRENO

ANEXO B.- EDIFICIOS

ANEXO C.- LISTA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS A USARSE EN LA PLANTA DE VIDRIO DE VENTANA CON SUS VALORES UNITARIOS

ANEXO D.- VEHICULOS MUEBLES Y ENSERES

ANEXO E.- MATERIA PRIMA

ANEXO F.- CALCULO DE LAS CARGAS SOCIALES

ANEXO G.- MANO DE OBRA DIRECTA

ANEXO G-1.- MANO DE OBRA INDIRECTA

ANEXO H.- MATERIALES INDIRECTOS

ANEXO I.- SUMINISTROS

ANEXO I-1.- SERVICIO DE AGUA Y GASOLINA

ANEXO J.- REPARACION Y MANTENIMIENTO

ANEXO K.- DEPRECIACION Y AMORTIZACIONES

ANEXO L.- OTROS GASTOS

ANEXO M .- GASTOS DE ADMINISTRACION Y GENERALES

ANEXO N.- GASTOS DE VENTAS

ANEXO O.- GASTOS FINACIEROS

ANEXO P.- CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL HORNO; COMBUSTION, etc.

ANEXO Q.- CALCULO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL VIDRIO

ANEXO R.- CALCULOS TEORICOS DE LA CANTIDAD DE OXIDOS QUE EXISTEN EN LAS MATERIAS PRIMAS CUYA FORMULA QUIMICA SE CONOCE

ANEXO S.- ESTADISTICA DE LA IMPORTACION DE VIDRIO PARA VENTANA

CUARTA PARTE

BIBLIOGRAFIA

QUINTA PARTE

PLANOS.

PRIMERA PARTE

INTRODUCCION.

La mayoría de los vidrios pueden ser considerados únicamente compuestos de óxidos. Los vidrios generalmente se los denomina de acuerdo con el mayor constituyente que entra en su composición o de acuerdo con la función que desempeñará durante su trabajo.

Es posible producir vidrios de muy variadas composiciones químicas, pero la variación de los vidrios comerciales es muy pequeña. La producción de vidrios comerciales exige un bajo costo, facilidad para la fundición, facilidad de refinado, viscosidad adecuada para su trabajo sin desvitrificación, temperatura líquida baja y resistencia a los ataqques químicos.

Las materias primas necesarias para la fabricación del vidrio de ventana e en general cualquier vidrio, no se pueden representar por fórmulas químicas ideales debido a que contienen una gran cantidad de impurezas. Tomando en cuenta esto, los porcentajes calculados de la fórmulas químicas no son exactos, aunque la exactitud es aceptable dentro de límites determinados por las distintas variables que intervienen en la fabricación del vidrio.

Las materias primas usadas en la fabricación del vidrio se pueden dividir en dos grandes grupos: a) Minerales naturales que pueden ser beneficiados y purificados que son extraídos directamente de sus depósitos naturales en la tierra y b) compuestos químicos obtenidos por distintos procesos de manufactura; distrabuídos en el comercio.

Las mate ias primas que forman la mezcla que se introducirá en el horno de fundición para obtener el vidrio a fabricarse determinan sus propiedaes físicas y su color.

Las propiedades fpisicas del vidrio son una función de la composición en peso de las materias primas. cada ingrediente que entra en la composición comtribuye con una cierta

cantidad , de acuerdo a su porcentaje, a determinar las propiedades físicas del vidrio.

Se asume que los vidrios son hechos de elementos de estructura similar a materiales cristalinos. La consideración de la constitución del vidrio desde el punto de vista estructural implica que el vidrio debería tener al menos un componente, tal como la sílice, el cual es capaz de formar red cristalina.

El vidrio se lo considera como un líquido subenfriado y tiende a perder su estado amorfo, si las condiciones son adecuadas puede llegar a cristalizar. Para cualquier composición del vidrio existe una temperatura bajo la cual el vidrio tiende a desvitrificar. La desvitrificación es imposible sobre esta temperatura y los cristales ya formados se disuelven. Esta temperatura se denomina "Temperatura líquida". La razón de desvitrificación de los vidrios tiende a incrementarse a medida que la temperatura desciende bajo la temperatura líquida, pero la desvitrificación se opone al aumento de la viscosidad.

Diferentes clases de combustible, incluyendo la electricidad pueden ser usados para la fusión del vidrio. Los combustibles deben reunir las condiciones de uniformidad, alto valor calórico, limpieza, Entre los combustibles más usados en nuestro medio cuenta el petróleo o Residuo Nº 6; este combustible reune las cond ciones antes señaladas de um buen combustible para la fusión del vidrio.

El cálculo de las principales dimensiones del horno de fundir vidrio son realizados en bases a asunciones las cuales son sacadas de la experiencia, mas bien que rigurosamente científicas. El cálculo analítico riguroso presenta muchas dificultades y no concuerda con los resultados obtenidos en la práctica.

La capacidad del horno y tamaño de sus diferentes partes son calculadas en términos de los pies cuadrados de área de fundición por día y por tonelada de vidrio trabajado.

El diseño de las partes del horno está intimamente relacionado con los cálculos de combustión. Estos cálculos nos dan el aire teórico necesario para la combustión del combustible selecionado. Además es conveniente disponer de un exceso de aire para logran una combustión corresta. Los cálculos de combustión no permite determinar la cantidad de los productos de la combustión que servirán para obtener las pérdidas de calor y poder realizar los cálculos y diseño de la chimnea.

Los refractorios usados en el horno de fundir vidrio pueden ser: a) aquellos que se usan en contacto directo con el vidrio fundido y b) aquellos en otras artes del hrono.

Los refractarios en contacto con el vidrio fundido son usados en el fondo de la cámara de fundición y refinado y enlas paredes laterales y extremas bajo el nivel del vidrio. Los refractarios sobre el nivel del vidrio se los usa en las lumbreras, coronas, regeneradores , checkers, montantes, etc.

Las propiedades de los refractarios son mencionados en detalle en la sección adecuada y se muestran además algunas combinaciones de los refractarios dentro del horno, que pueden ser realizadas.

La selección adecuada de los intrumentos de control de las operaciones del horno de fundir vidrio mejora la calidad y evita el deterioro de las partes que lo constituyen. Generalmente la mayoria de las operaciones se realizan automáticamente lo que mejora el diseño del horno y ha hecho la regulación de los proceso variables.

Los principales procesos variables de mayor efecto en la operación de un horno de vidrio son la temperatura, tiempo, presión, flujo y nivel. Los intrumentos para el control de cada una de estas operaciones variables se estudian.

El proceso de elaboración del vidrio estudia los pasos que se requieren para comvertir la mezcla de las materias primas que se introducen en el horno en el vidrio que se requiere fabricar, junto con el estudio de importantes factores que afectan el proceso.

I.- Vidrio. Los vidrios son formados de líquidos sobre enfriados; sin embargo el vidrio no es un líquido típico como los demás que se encuentran normalmente. Aunque ellos son sólidos a temperaturas normales, los vidrios no tienen la estructura cristalina que caracteriza a la mayoría de los materiales sólidos usados en ingeniería. El vidrio tiene características, no usuales en los materiales sólidos, que son de gran interés para la ciencia; presenta muchas propiedades únicas y útiles en la ingeniería.

El vidrio ha sido definido en varias formas, de acuerdo con la finalidad del autor;en cada una de ellas se mencionan dos características: a) el vidrio se forma de un líquido sobre enfriado que posee una viscosidad muy alta, b) el líquido que forma los vidrios poseen una estructura polimerizada y composición inorgánica. Debe tenerse presente que algunos compuestos orgánicos y semiorgánicos tienen características vítreas.

La ASTM, define al vidrio como un producto inorgánico de fusión el cual ha sido enfriado a una condición rígida sin cristalización. Aunque el vidrio está exento de una estructura de un cristal, no está falto de ella.

La estructura de la mayoría de los vidrios comerciales, contando entre ellos los vidrios de ventana, son basados sobre la estructura tetraédrica del SiO_4. Sin embargo los vidrios no están limitados a los silicatos. Otros compuestos,tal como el de B_2O_3, se los usa para vidrios que serán sometidos a elevadas temperaturas. Los vidrios tipo P_2O_5, son de importancia técnica, principalmente por su característica absorción-transmisión.

Composiciones individuales de vidrios comerciales son muy varindas y numerosas. Estas variaciones en la composición se hacen para obtener propiedades específicas tales como índice de refracción, color, dispersión, viscosidad, dureza, conductividad, etc. En la tabla 1 se dan composiciones para varios vidrios comerciales.

TABLA N°1

VIDRIOS COMERCIALES°

CLASE	Componente, Procentaje							
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Na_2O	B_2O_3	MgO	PbO	K_2O
Sílice Fundida	99							
96% Sílice	96				4			
Pyrex	81	2		4	12			
Recipientes	74	1	5	15		4		
Plano	73	1	13	13				
VENTANA	72	1	10	14		2		
Bulbos para focos	74	1	5	16		4		
Lámparas	55	1		12			32	
Termómetros	73	6		10	10			
Fibra	54	14	16		10	4		
Vajilla (vidrio Pb)	67			6			17	10
Optico Flint	50			1			19	8

° Datos obtenidos de Lawrence H. Van Vlack, Phisical Ceramics for Engineers.

II. NATURALEZA DEL VIDRIO[1].- Para determinar los arreglos atómicos de los vidrios, es necesario primero describir los correspondientes arreglos en los sistemas cristalinos.

Los cristales pueden ser considerados como agrupaciones de iones esféricos, cargados negativamente, cariones, o sea que poseen más electrones que el correspondiente átomo neutro. Las fuerzas que mantienen unidos a éstos para formar el cristal son las atracciones electrostáticas. Como una aproximación, los iones son esferas incomprensibles de tamaño constante agrupadas lo más apretadas posible, estando los cationes rodeados por aniones y viceversa. Los cationes altamente cargados tienden a ser separados lo más lejos posible. El número de iones juntos dependen de su tamaño, generalmente expresados en radios iónicos; por ejemplo el oxígeno, tiene un radio de alrededor de 1,32 angstron. Un catión de 0,2 angstrons de radio, es rodeado por tres oxígenos colocado en las esquinas de un triángulo equilátero. Esto se observa en varios boratos donde la unidad $(BO_3)^{-3}$ está presente. Cationes ligeramente más grandes, de 0,3 a 0,4 angstrons ajustan dentro de agujeros hechos por cuatro oxígenos esféricos en contacto con cada uno de los otros. Esto ocurre en los silicatos y fosfatos y donde las unidades $(SiO_7)^{-4}$ y $(PO_4)^{-3}$ constituyen la estructura de los cristales. Todavía cationes mayores, de 0,6 a 0,8 angstrons de radio tienden a ser rodeados por 6 oxígenos los cuales ocupan las esquinas de octaedro, tal como en el conrindón (Al_2O_3) y periclasa (MgO).

Los radios de los iones pueden ser considerados, solamente como una constante aproximada, como tienden a ser introducidos modificaciones por el tipo particular de medio ambiente y polarización. La polárización puede ser considerada como una desviación de la simetría esférica de los iones y depende de los mutuos efectos entre cationes y aniones. De lo último se desprende que F^{-1} y O^{-2} son menos polarizables que Se^{-2}, S^{+6} y C^{+4} más polarizable que P^{+5} y Si^{+4}.

En la tabla 2 se muestran los potenciales iónicos de cationes usados en el vidrio, el tamaño iónico de aniones usados en el vidrio.

El ión oxígeno es notable por su tamaño propio. En comparación con el tamaño de otros iones generalmente usados en el vidrio, no solamente que es más grande sino que son mayores que las estructuras de, por ejemplo, un conjunto silicato-cal-sodio, que puede ser descrito como una agrupación de iones de oxígeno que contienen iones de silicio, sodio y calcio en sus intersticios. El ión Si^{4+} tiene un tamaño menor de un tercio del tamaño del oxígeno, pero éste posee fuerzas atractivas más fuertes para rodear el oxígeno. Debido a lo pequeño de su tamaño, él puede acomodar no más de 4 iones de oxígeno. Todos los iones de oxígeno son del mismo tamaño y pueden considerarse como esferas rígidas, repeliéndose una a otra. La suposición hecha es que el ión se caracteriza por su tamaño, su carga y por el número de electrones que rodean el núcleo positivo. No se puede, estrictamente, representar un ión como una simple esfera, la justamente incluye los electrones, pero para una simplificación de estudio se acepta ésto. Cuando dos iones se aproximan uno a otro, fuertes fuerzas de repulsión aparecen rápidamente e impiden una aproximación mayor, lo que significa que los dos iones actúan como esferas rígidas. La energía de ligazón es una consecuencia de las fuerzas electrostáticas.

La consideración anterior permite la suposición de que un grupo de iones de oxígeno, todos del mismo tamaño, muestran un arreglo simétrico. Se ha demostrado que los centros de los iones de oxígeno alrededor de cada ión de silicio forman las esquinas de un tetraedro. Largos cationes pueden acomodar alrededor de si mismo un número mayor de iones de oxígeno. De consideraciones meramente geométricas se llega a la conclusión de que el número de aniones que rodean a cada catión es principalmente dependiente de la razón del radio iónico.

TABLA Nº 2

POTENCIAL IONICO DE LOS CATIONES USADOS EN LOS VIDRIOS
(Basado en Goldschmidt)

Carión	Radio Iónico	Potencial Iónico
Li^{+}	0,68	1.5
Na^{+}	0,98	1.0
K^{+}	1.33	0,75
Rb^{+}	1,48	0,68
Cs^{+}	1,47	0,60
Be^{++}	0,31	6,5
Mg^{++}	0,71	2,8
Ca^{++}	099	2,0
Sr^{++}	0,13	1,8
Ba^{++}	1,35	1,4
Zn^{++}	0,74	2,7
Cd^{++}	0,97	2,1
Pb^{++}	1,21	1,7
B^{3+}	0,20	15,0
Al^{3+}	0,50	6,0
As^{3+}	0,69	4,3
Sb^{3+}	0,90	3,3
Si^{4+}	0,41	9,8
Ti^{4+}	068	5,9
Zr^{4+}	0,80	5,0
Ce^{4+}	1,01	4,0
Ge^{4+}	0,53	7,5
Sn^{4+}	0,71	5,6
Pb^{4+}	0,84	4,8
P^{5+}	0,34	14,7
As^{5+}	0,47	10,6
Sb^{5+}	0,62	8,1

Continuación de la Tabla Nº 2

TAMAÑO IONICO DE LOS CATIONES USADOS

EN VIDRIOS

O^{2-}	1,40
S^{2-}	1,85
Se^{2-}	1,96
Te^{2-}	2,18
F^{-}	1,33
Cl^{-}	1,81
Br^{-}	1,96
I^{-}	2,19

Basadas en tales consideraciones el número de coordinación es una función de la razón: $R_{catión}/R_{anión}$.

Para los óxidos de los vidrios principales, el siguiente cuadro se obtiene : según Goldschmidt:

a) El boro es rodeado por tres óxigenos, el centro de los cuales forman las esquinas de un triángulo equilátero;

b) El silicio es rodeado por cuatro oxígenos, el centro de los cuales forman las esquinas de un tetraedro regular. El mismo grupo había sido encontrado para el Al^{3+}, Be^{++}, B^{3+}, Zn^{2+}, Zr^{4+} y el ión férrico.

c) El calcio puede acomodar seis oxígenos, que forman mas o menos un octaedro regular. El mismo arreglo ha sido encontrado para Al^{3+}, Fe^{3+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Ce^{2+}, Cr^{3+}, Ti^{4+}, Li^{+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}.

d) El sodio como otros iones grandes , tales como K^{+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Zn^{4+}, pueden acomodar alrededor de si mismo de siete a doce oxígenos, pero tal grupo tiene una menor simetría que los grupos previos más pequeños. Un mismo ión puede estar como centro de diferentes configuraciones. Con el incremento de temperatura, lo que implica un más fuerte movimiento térmico, el número de oxígenos que rodean cada catión decrece como regla. En el cristal celocía un ión tiene un número definido de oxígenos en su vecindad, puesto que el número de coordinación es mas o menos fijado por la simetría de la celocía. Sin embargo éste no es el caso en vidrios. Como no hay simetría, cada catión tiene diferente número de coordinación y si un número de coordinación es citado, generalmente, es un valor promedio.

En vidrios Borosilicatos, por ejemplo, se conoce que algunos de los átomos de boro están rodeados por tres átomos de oxígeno y el resto por cuatro. Por lo tanto, podríamos hablar de un promedio del número de coordinación del boro.

El hecho de que algunos de los átomos de boro están rodeados por tres iones de oxígeno y otros por cuatro es uno de los

descubrimientos más importantes, que explica no solamente el comportamiento del óxido búrico sino que mediante un gran número de observaciones en vidrios servirán para fomentar el desarrollo a grados muchísimos mayores.

Como se indicó antes, las unidades $(SiO_4)^{-4}$ están formado un tetraedro con el oxígeno en las esquinas y el silicio en el centro, las aristas del tetraedro son de aproximadamente 2,6 angstroms, o sea la distancia de oxígeno a oxígeno, y la distancia del centro a una esquina es de aproximadamente 1,6 anstroms, o sea la distancia desde el silicio al oxígeno. Este tetraedro silicio-oxígeno es la base de todas las unidades de forma cristalina de la sílice y silicatos, o indicada en los vidrios a base de sílice. la forma tetraédrica ocurre como unidades separadas en los ortosilicatos tal como el $(MgFe)_2SiO_4$, donde la razón de los átomos de oxígeno a los átomos de silicio es cuatro. Con una razón más baja, oxígeno-silicio, la repartición de los iones de oxígeno entre dos tetraedros ocurre, pero la regla general sostiene que dos tetraedros cualquiera pueden solamente compartir una esquina. Así los metasilicatos, forman un cordón de tetraedros como ocurre con la enstatita: $MgSiO_3$; donde cualquier silicio dado, es rodeado por dos iones de oxígeno compartidos y dos iones de oxígeno no compartido. Cadenas dobles de tetraedros ocurre en las formas basadas en la unidada $(Si_4O_{11})^{-6}$.

Con una razón oxígeno-silicio aún más baja, laminas celosía de silicatos con hojas de tetraedro se forman basadas en la unidad $(Si_2O_5)^{-2}$, donde tres o cuatro de los iones de oxígeno son compartidos. En los alumino-silicatos, el aluminio es algunas veces encontrado en coordinación de cuatro pliegues, es decir en las caras donde el silicio debería ser esperado; y en este caso raramente él juega el papel del ión Si^{4+}. Sin embargo puede ocurrir en una coordinación de seis pliegues o en una coordinación octaedral. En el mineral muscovita, miembro de las familias de las micas, de composición, $K\ Al_2\ (Si_3Al)\ O_{10}\ (OH)_2$, dos tercios del aluminio están en

coordinación de seis pliegues rodeados por cuatro oxígenos y dos hidroxilos, mientras un tercio, escrito con Si en la fórmula anterior, está en coordinación de cuatro pliegues entre cuatro oxígenos.

La alúmina, Al_2O_3, no se puede considerar como un óxido formador de vidrio en sí mismo, porque ella no completa los requerimientos de acuerdo con Goldschmidt, los cuales son esenciales para la formación de vidrios, y que literalmente dicen:

1) Ella no puede formar la red tridimensional del tetraedro AlO_4 conforme el propósito de la razón O/Al de 3,2-1,5 es menor de 2,0 que es lo mínimo.

2) Ella no puede formar una red tridimensional de triángulos AlO_3, como lo hace el óxido bórico, puesto que, para una coordinación de tres pliegues la razón $r_{Al}:r_O$ ó 0,57/1,32 es muy alta. Los rangos del ión Al^{3+} entre estos iones los cuales prefieren coordinación tetraédrica y aquellos los cuales prefieren coordinación de seis pliegues u octaédrica.

Los silicatos cristalinos, grupos AlO_4 se encuentran a menudo presentes para tomar el lugar de los grupos SiO_4.

En el cuarzo, tridimita, cristobalita, tienen la forma cristalina de la sílice (SiO_2), la razón oxígeno silicio es dos, y la forma tetraédrica (SiO_4) con red tridimensional cada oxígeno es ligado a dos iones de silicio con el ángulo de enlace Si-O-Si variando desde 140 a 180 grados, similarmente en el feldespato hay una red tridimensional de tetraedro, pero el aluminio es sustituído por algún silicio. Sin embargo, Al^{3+} tiene solamente tres cargas positivas contra cuatro del SiO^{4+}. Para reemplazar el SiO^{4+} por el Al^{3+}, un balance eléctrico tiene que ser logrado introduciendo en la estructura junto con cada Al^{3+} otro ión con una carga positiva como el Na^+. Por ejemplo, la mitad del tetraedro SiO_4 en la estructura de la cristobalita debe ser sustituída por el tetraedro AlO_4 con un número de sodios para obtener la neutralidad

eléctrica. Esta sustitución de Si^{4+} por $Na^{+}Al^{3+}$ produce la estructura de "Carnegieite" la cual es isomorfa, con la alta temperatura forma cristobalita. No solamente es posible cambiar la mitad de SiO^{4+} sino que se puede cambiar completamente:

$Si\ Si\ O_4$ $NaAlSiO_4$ $Na_2Al_2O_4$

Cristobalita Carnegieite Aluminato de sodio

por lo tanto la estructura de la cristobalita se cambia.

Las mismas consideraciones se deben tener para el estado vítreo. La adición de Al_2O_3, por lo tanto, hace un vidrio silicato sodio de muy parecida a uno de alta acidez.

En algunos casos una cierta cantidad de alúmina tiene efectos favorables sobre una u otra propiedad del vidrio, un incremento de la cantidad de alúmina produce el efecto contrario. Se puede considerar que desdeo el punto de vista químico los aluminos silicatos son paracidos a los borosilicatos, una comparación de ambos comportamientos pueden ser de mucho interés. Se phede concluir sobre el contenido de alúmina en el vidrio, que hay una cantidad límite definida de alúmina que en cada tipo de vidrio puede ser introducida. Sin embargo este límite varía en muy amplios rangos. Parmelee y Bagger[2] llegaron a los siguientes resultados, que pueden ser aplicados a vidrios especiales:

1) La dición de 2 por ciento de alúmina, Al_2O_3, incrementa el tiempo de fundición a temperatura más baja, mientras más adición, se tiene un efecto menos pronunciado. A elevada temperatura el tiempo de fundición no es marcadamente elevado y el incremento en el tiempo de fundición es una función lineal del incremento de alúmina.

2) Un incremento de alúmina desde 0 a 10 por ciento, la temperatura de ablandamiento de un vidrio particular bajo experimento se eleva desde 580 a 620 grados centígrados.

L. Pauling[3], decribe la formación de un cristal de su único ión y radicales complejos y los principios que

gobiernan estos procesos. Como un resultado de esta investigación el dice que la estructuba es de tal forma que la energía potencial tiene un mínimo de valor. Esta energía es principalmente electrostática. Si las cargas positivas y negativas son iguales, la regla química de las Valencias se ha completado. Esto no siempre se logra por la formación de una estructura individual de iones positivos y negativos. Alrededor de cada ión positivo hay un número de iones negativos y a los iones negativos rodean un positivo.

Todo silicat, a pesar de su composición variable, muestra en su arreglo atómico ciertas similitudes las que pueden ser enunciadas como sigue; según Goldschimdt:

1) El elemento estructural es el tetraedro SiO_4. Para formar el tetraedro los cuales son independientes, la razón oxígeno silicio ha de ser al menos 4:1 tal es el caso de los ortosilicatos.

2) El oxígeno puede pertenecer a dos tetraedros simultaneamente. Este interenlace del tetraedro forma cadenas y red, dos o tres dimensionab, también la combinación de estas unidades.

Ocurre cada vez que la razón oxígeno silicio es menor que 4:1.

3) Dos grupos SiO_4 no pueden compartir más que un oxígeno, lo que significa que dos tetraedros pueden compartir una esquina, pero no una arista o cara.

4) En ninguna estructura hasta ahora investigada puede el SiO_2 ser considerado como un grupo o molécula., en si mismo.

En otras palabras, la molécula SiO_2 no existe en estado cristalino.

Las diferentes formas de sílice, correspondientes a la composición SiO_2, tienen una razón oxígeno silicio de 2:1, cada oxígeno, por lo tanto, pertenece a dos tetraedros. Esta compartición de todos los oxígenos causa una fuerte atracción y una interligazón entre el tetraedro, así que la transformación de una forma en otra

es muy difícil. Como todos los silicatos se rigen por los mismos principios, es razonable asumir que para los silicatos vítreos es lo mismo. La primera idea sobre la estructura fue, por lo tanto, regida por estos principios, y ha de ser descartado todo lo que no concuerda con las leyes que gobiernan la estructura de los silicatos cristalinos. El número de coordinación de los iones en el vidrio, debería ser poco más o menos la misma como la del estado cristalino, un cambio en la coordinación significa un cambio fuerte en el contenido de energía. La relativa estabilidad de los vidrios comerciales puede ser explicada unicamente porque los iones tienen una coordinación similar a los cristales. W. H. Zachariasen[4] ha discutido la posible estructura para la sílice vítrea y vidrios simples, las cuales fueron basadas en los principios de la estructura de los cristales.

En el cristal, la posición de los átomos puede ser definida, en cualquier sistema de coordinación, y no es afectado donde se coloque el origen del sistema. En los líquidos tal método no puede ser usado : P. Debye, sin embargo, mostró que los líquidos también tienen una cierta regularidad en sus arreglos atómicos. Para determinar estas regularidades, nosotros tenemos que usar el origen del sistema de coordinación que se mueva con uno de sus átomos. En otras palabras, el origen tiene que estar en el centro del átomo y seguir sus movimientos térmicos. Es claro que en este caso nosotros no encontraremos átomos que estén más cercanos, al origen, que el diámetro del átomo en si mismo.

Estas consideraciones nos da la concepción de que los átomos en los líquidos pueden asumir una cierta regularidad en sus arreglos. La principal diferencia entre la estructura de un líquido y un vidrio consiste en el hecho de que en los líquidos los vecinos de cada átomo están cambiando constantemente, mientras que en el vidrio cada átomo se encuentra a si mismo rodeado por un número

de otros átomos a distancias definidas.

Nosotros hemos considerado hasta aquí los vecinos inmediatos a los diferentes iones. La principal característica de todos los cristales es la estricta periodicidad tridimensional con la cual un arreglo espacial dado de unos pocos átomos o iones, llamada célula unidad, es repetida hasta construir todo el cristal. Esta también forma la principal diferencia entre los cristales y los correspondientes vidrios.

Arreglo Atómico en los Vidrios. En base a los estudios sobre la química del cristal y sobre las observaciones hechas en los vidrios, V. M. Goldschmidt dice que la condición esencial para la formación del sistema vidrio es como sigue:

Sería preferible un ambiente tetraedral para la formación de cationes de vidrio con una razón de radios de catión anión entre 0,2 y 0,4 y los cationes no deberían ser muy polarizables, por ejemplo sería preferible F^{-1} o O^{-2}. El flururo de berilio BeF_2 puede ser considerado como "un modelo de estructura debilitada" del dióxido de silicio, puesto que la razón de los radios son similares pero el número de enlaces electrostáticos son la mitad. Por lo tanto los vidrios basados en el BeF_2 tienen bajos puntos de fusión e índice de refracción y son más fácilmente atacados químicamente que los vidrios basados en el SiO_2.

Zachariasen extendió la teroría de Goldschmidt, encontrando semejanzas esenciales entre cristales y vidrios de similar composición. La resistencia y la dureza de vidrios a temperatura ordinaria debe ser de la misma clase que la correspondiente a los cristales. La falta de anisotopía observada requiere que no haya periodicidad tridimensional, pero haya arreglos al azar de los átomos. El hecho de que la estabilidad en los vidrios ocurra implica que la energía de estos arreglos al azar no pueda ser mucho mayor que la de los correspondientes cristales.

Basada en estas consideraciones Zachariasen empezó a encontrar que los arreglos de cationes y aniones podrían hacerse para adaptarse a estos requerimientos. Seleccionando solamente óxidos, y tomando en consideración los óxidos conocidos para formar vidrios; se llegó a las diguientes reglas para los óxidos formadores de vidrios: K_mO_n. Cualquier átomo de oxígeno no puede ser coordinado con más de K átomos. K debe ser coordinación tres o cuatro pliegues con respecto al oxígeno, los (KO_3 y KO_4) complejos comparten al menos tres oxígenos pero dado dos triángulos o tetraedro pueden compartir solamente un oxígeno.

La ley establecida es que la razón $r_k:r_o$ ha de estar ente 0,2 y 0,4. La lista de óxidos potencialmente formadores de óxidos dados por Zachariasen es: B_2O_3, SiO_2, GeO_2, P_2O_5, As_2O_5, P_2O_3, As_2O_3, Cb_2O_5, Sb_2O_3, Ta_2O_5.

Cuando se calienta un cristal, las oscilaciones de los átomos alrededor de sus puntos de equilibrio llegan a adquirir distancias mayores hasta que, a una temperatura dada los movimientos llegan a ser tan fuertes que el cristal se rompe, lo que cauda la fundición del mismo. Puesto que todos los átomos están ligados con la misma resistencia la fundición se presentará repentinamente a la misma temperatura. En un vidrio, por otra parte, las distancias iónicas y la fuerza de ligazón están esparcidas sobre un intervalo y en un lugar de un marcado punto de fusión más y más la fuerza de ligazón será rota a medida que la temperatura se eleva y habrá un intervalo de ablandamiento en lugar de un punto de fusión.

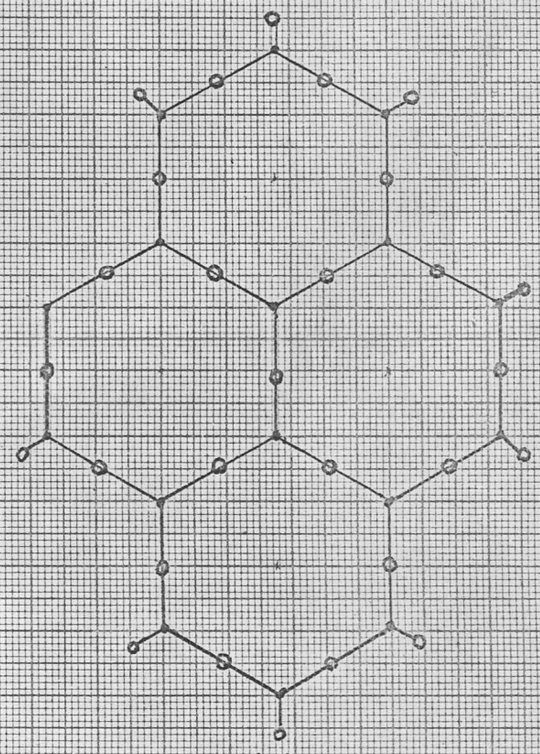
Después de tratar con un sistema de óxidos simples Zachariasen extendió su teoría a óxidos para vidrios en general. En lugar de la red tridimensional formada enteramente por óxidos tales como B_2O_3, SiO_2, GeO_2, y así sucesivamente con todos los requerimientos nombrados anteriormente, es necesario solamente que estén muchos de estos óxidos para formar una red tridimensional al azar.

Los vidrios., en general, no pueden ser representados por una fórmula estequiométrica . Su real representación puede ser expresada por el tipo general A_mB_nC. Donde B representa los cationes formadores de la pequeña red altamente cargados, y A representa todos los cationes en el vidrio, indicado con los círculos blancos en la figura Nº 1

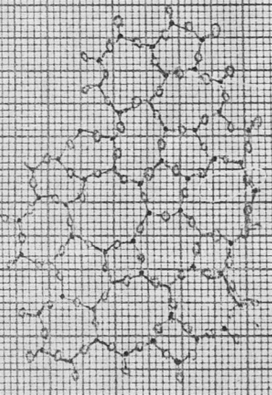
Para satisfacer los requerimientos que la energía no debe ser alterada, el potencial iónico de los iones A debe ser pequeña, en otras palabras, el radio, debe ser grande y baja su carga . Esto sucede con los iones Na^{+1}, K^{+1}, Ca^{+2}, Ba^{+2}, Pb^{+}, usualmente encontrado en vidrios. Pequeños cationes altamente cargados como Ti^{+4} o Mg^{+2} tenderían a la desvitrificación. Es costumbre referir a los cationes B como iones formadores de red y a los cationes A como iones modificadores de red.

Un examen estadístico de muchos vidrios hecho por Zachariasen mostró que el valor numérico de n en la fórmula A_mB_nO está generalmente alrededor de 0,4 y excede el valor de 0,5 solamente con la presencia del óxido bórico. Los requerimientos el medio ambiente trigonal o tetraedral de cationes formadores de red y de los compartidores de al menos tres oxígenos de un rango de 0,35-0,5 para vidrios tetraedral y un máximo para vidrios trigonal dando un acuerdo entre la teoría y los hechos. Los cationes A modificadores de red de gran radio y baja carga son localizados en los huecos al azar y no muestran una estricta periodicidad, no hay restricción sobre la cantidad de A excepto que el vidrio A_mB_nO debe haber un balance de cargas negativas y positivas.

Es de mucho interés en la tecnología del vidrio los óxidos de los elementos. Generalmente la composición de los variados vidrios se dan en términos de los óxidos ; de tal forma que el que realiza los cálculos de la mezcla que de debe introducir el horno de fundición se interesa por conocer el peso molecular de los



(a)



(b)

Figura Nº 1. Representación esquemática en dos dimensiones de la diferencia entre un cristal y un vidrio. (a) Cristal (b) Vidrio.

La Reforma-Grupl 36 66 08

varios óxidos que intervienen en la composición . El calculista también tiene que realizar la transformación de la composición de los óxidos en peso de la mezcla, lo cual en muchos casos requiere la conversión de los ácidos a carbonatos, etc. En muchos casos se posee el análisis de ciertas materias primas complejas, tal como el feldespato, en porcentaje de óxidos, o en fórmula molecular.

En vista de esta situación y para dar mayor facilidad a los especialistas se han ideado tablas periódicas de los óxidos. Actualmente se ha revidado y adaptado cuidadosamente esta tabla, que la mayoría de los especialistas en vidrios y cerámica reconocen como que es muy ventajoso. Inmediatamente se reproduce la tabla Nº3. A continuación se describe algunos ejemplos para indicar su uso:

El óxido de sodio (Na_2O), de número atómico 11, tiene un peso molecular de 61,98. Si nosotros deseamos convertir éste a peso molecular de carbonato de sodio (Na_2CO_3), nosotros deberíamos sumar 61,98 más 44,01, dando 105,99 como resultado para el peso molecular del carbonato de sodio. El número 44,01 se le encuentra bajo el número 6, que es el dióxido de carbono. En base a esto nosotros podemos determinar rápidamente que el carbonato de sodio está compuesto de 44,01/10,99 , o 41,5 por ciento de dióxido de carbono y 61,98/105,99 o sea 58,5 por ciento de óxido de sodio. Si por ejemplo deseamos obtener 41 libras de óxido de sodio, se debe emplear 70 libras de carbonato de sodio, 58,5(70/100), o sea 41 libras.

Se puede encontrar el peso molecular de un elemento, en caso de que no se disponga de una tabla periódica de los elementos, por un procedimiento sencillo. Por ejemplo, supongamos que deseamos el peso molecular del Titanio, como se conoce que el peso molecular del óxido de titanio es 79,90, dado bajo el número 22 en la tabla periódica de vidrio, se restará el peso molecular del óxigeno 32, dado bajo el número atómico 8 en la tabla; y obtenemos que el peso atómico del titanio es 47,90, o sea 79,90 - 32,00=47,90.

PROCESO DE LA MATERIA PRIMA

PROCESO DE LA CHATARRA DE VIDRIO

PROCESO DEL FORMADO VIDRIO PLANO

PROCESO DEL PAPEL MADERA Y PAJA

PROCESO DEL CARTON

MATERIA PRIMA

DESCARGA

ALMACENAJE

PESADA

MEZCLA

TRANSPORTE

ALMACENAJE

CARGA

FUNDICION

Alimentacion

ALMACENAJE

TRANSPORTE

MOLIENDA

ESTIRADO

CALIBRADO

ALINEADO

TEMPLADO

PRIMER CORTE

TRNSPORTE

ALMACENAJE

INSPECCION

CORTE FINAL

EMPAQUE

TRANSPORTE

ALMACENAJE

CARGA

PRODUCTO TERMINADO

DESCARGA

ALMACENAJE

TRANSPORTE

Ensamblaje

TRANSPORTE

DESCARGA

ALMACENAJE

TRANSPORTE

Ensamblaje

TRANSPORTE

NOMENCLATURA

TRANSPORTE

OPERACION

ALMACENAJE

DIAGRAMA DE FLUJO

PARA EL PROCESO

DE VIDRIO PLANO

DIBUJADO POR Julio Gallardo L.

En la tabla periódica de vidrio y cerámica, el número atómico está colocado sobre la parte superior izquierda, seguido en la misma línea el nombre del elemento; en la siguiente línea se tiene la fórmula del óxido con su peso molecular.

III. COMPOSICION DEL VIDRIO.- Los elementos que componen el vidrio pueden aguparse en seis familias, que desempeñan papeles distintos tanto en la fabricación, como en los usos del vidrio, a saber:

1) Los vitrificantes;
2) Las bases u óxidos;
3) Los fundentes;
4) Los elementos intermediarios de misión indecisa, de los que no podríamos decir si son ácidos o bases, tales como la alúmina u óxido de aluminio, el óxido de hierro.
5) Elementos accesorios introducidos generalmente en dosis pequeñas, que intervienen como correctivo, decolorante u colorante;
6) Elementos parasitarios, es decir, introducidos accidentalmente por las materias primas, impuresas o cuerpos completamente volátiles.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL 1959 GUAYAQUIL
BIBLIOTECA

El principal vitrificante es el óxido de silicio o sílice
La principal base es la cal u óxido de calcio.
El principal fundente es el carbonato de sodio.
Estos tres compuestos basta para componer cierto número de vidrios industriales; tales como vidrios de ventanas, cristalería, envases, etc.
Vidrios de tres elementos.- Estos vidrios de tres elementos son aquellos cuyo estudio científico ha podido realizarse mejor, debido que ha sido posible un análisis de los constituyentes y de los fenómenos que suceden en el proceso de fusión; puesto que entre menos elementos intervienen en el proceso de fusión, más fácil resulta su análisis. Los vidrios de tres elementos más importantes son: sílico, sódico-cálcico. Puede obtenerse una variedad de vidrios con está composición dependiendo unicamente del porcentaje en que cada una de los constituyentes entran en el vidrio.

Entre estos vidrios se encuentran los principales de la industria: vidrios de cristalería, vidrios de ventanas, vidrios de envase, etc. Y del exámen de sus composiciones podemos deducir los límites de fusibilidad, la no devitrificación y una escala de trabajo de suficiente amplitud; estos límites son:

SiO_2	de 78,4 a 69 por ciento
Na_2O	de 19,6 a 11 por ciento
CaO	de 17 a 6,1 por ciento.

A) Estudio de los principales constituyentes del Vidrio.-

1) Los Vitrificantes. Algunos cuerpos binarios de la nomenclatura SiO_2, B_2O_3, P_2O_5, tienen la propiedad de poder existir en estado sólido y amorfo, es decir, perfectamente homogéneos en todos sus puntos, en estado vítreo.

Estos cuerpos tienen la propiedad de poder disolver sus compuestos: silicatos, boratos, fosfatos, incluso los más fácilmente cristalizables, dando tras su enfriamiento vidrios, es decir, unos compuestos que permanecen amorfos y homogéneos después de solidificados.

El óxido de silicio o sílice. El óxido de silicio o sílice es la materia vitrificante por excelencia. Ella existe en todos los vidrios.

El óxido de silicio no es fusible sino a elevadas temperaturas, por lo menos a 1725 grados centígrados; pero se hace fusible no solamente con los alcalinos, sino también con las bases, tales como la cal; por último con los óxidos metálicos de los que el más importante es el óxido de plomo.

Una disminución de la cantidad de óxido de silicio o sílice, se traduce en una tendencia a la cristalización del vidrio, es decir a la desvitrificación, principal origen de los defectos de la fabricación del vidrio. En cambio si hay un aumento de la cantidad de óxido de silicio, se cae en una infusibilidad perjudicial para el proceso de fundición, haciendo al vidrio menos maleable al trabajo.

Otra propiedad importante del óxido de silicio es su efecto sobre el coeficiente de dilatación. Al aumentar el porcentaje de óxido de silicio en el vidrio, el coeficiente de dilatación aumenta rápidamente, haciéndolo sensible a todo cambio de temperatura. El vidrio "Pyrex" tan notable por su resistencia al fuego, y a las variaciones de temperatura, contiene un elevado porcentaje de óxido de silicio o sílico.

La sílice du u óxido de silicio aumenta, además, la resistencia elástica del vidrio, la dureza y la resistencia eléctrica.

El Acido bórico.- El ácido bórico, generalmente, se emplea como auxiliar del óxido de silicio, para, producir borosilíceos. Entra en las composiciones en pequeñas proporciones, por motivo de orden físico y también por su elevado precio.

Su propiedad de fundente es bien estimada y justidica su empleo para ayudar a la fusión de los vidrios muy silíceos y refractarios, a los cuales comunica un débil coeficiente de dilatación. El ácido bórico aumenta la fluidez y facilita el afinado, lo que explica su empleo en todas las fabricaciones en que debe ser evitado el hervor, como en las ampollas farmacéuticas y eléctricas.

El ácido bórico influye sobre el índice de refracción . pàrque Forma con ciertos óxidos, tales como el PbO, ZnO vidrios completamente finos.

2) Las bases.-

El óxido de calcio.- El óxido de calcio o cal es el más importante de los elementos básicos del vidrio. El óxido de calcio es la materia que mejor combina la economía con la utilidad.

El óxido de calcio mejora el afinado dando fluidez al vidrio a elevada temperatura; lo hace menos plástico y más difícil de trabajar. El efecto principal del óxido de calcio o cal, es

aumentar la tendencia del vidrio a la desvitrificación por formación de silicato de calcio que cristaliza bajo la forma de "o-llastonita; esto limita su empleo y se opone a la introducción de un porcentaje demasiado elevado de esta base como aconsejaría la economía. Donde el punto de vista de las propiedades del vidrio en frío, el óxido de calcio hace al vidrio menos soluble al agua, menos frágil aumentando su resistencia mecánica y elástica. La materia prima más abundante del óxido de calcio es el carbonato de calcio; en igual forma se emplea la cal hidratada o caliza. El carbonato de calcio que es menos cara, casi siempre se emplea en la fabricación de los vidrios de ventanas.

Oxido de Magnesio o magnesia.- El óxido de magnesio empleado moderadamente aumenta la resistencia del vidrio a los cambios de temperatura y mejora las propiedades mecánicas. Es correctivo de la desvitrificación que permite disminuir la cantidad de sílice y paralelamente la cantidad de fundente. Esta base es un elemento de economía en los vidrios de bajo precio. Es además un elemento muy importante en los vidrios de ventanas, debido a su efecto de corrección de la divitrificación.

La materia prima más empleada es la dolomita $CO_3Mg.CO_3Ca$. que además es fuente de óxido de calcio. Se usa también el carbonato su magnesio $MgCO_3$.

3) Los Fundentes.- Los fundentes tiene por objeto la combinación de las bases terrosas o metálicas con los vitrificantes silíceo o bórico. Son fundentes todos los cuerpos químicos alcalinos.

Oxido de Sodio y Oxido de Potacio.- Estos dos álcalis son indispensables en la industria del vidrio. El efecto de estos fundentes es doble:

a) Aumentar la fusibilidad, es decir, hacen descender el punto de transformación.

b) Aumenta la extensión de la escala de fusibilidad o de trabajo del vidrio.

Hay que distinguir bien estos dos efectos, uno se refiere a la fusibilidad o a la fundición, el otro a la viscosidad o al trabajo. También hay que anotar que si la temperatura de fusión ha descendido, ello no significa que la temperatura de afinado haya descendido también; esta incluso puede haberse elevado. Si el alargamiento de la escala de fusibilidad llega a retrasar la realización de una fluidez necesaria al afinado.

Entre los dos fundentes no existen diferencias notables ; pueden casi siempre emplearse indistintamente. Sin embargo el óxido de potasio en igualdad de pesos moleculares es un fundente más enérgico; pero como los pesos moleculares del óxido de potasio y de sodio son 62 y 94 respectivamente, se desprende que para obtener el mismo efecto, hay que emplear un tercio del óxido de potasio más.

La materia prima del óxido de potasio, es el carbonato de potasio, CO_3K. Otra forma de obtenerlo, muy interesante, es del feldespato que además proporciona óxido de aluminio , o alúmina, cuya composición químicn , es $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$.

El óxido de sodio puede introducirse en muy variadas formas: sulfato, carbonato, nitrati, los más corrientes. Las dos materias primas primordialmente usadas son el carbonato de sodio, y el sulfato de sodio, ambos anhídros o pueden igualmente usarse, el sulfato de sodio hidratado.

4) Los Oxidos Indiferentes.- Al lado de los vitrificantes, la base y los fundentes, se clasifican dos cuerpos, que forman una familia muy especial, los óxidos indiferentes, el óxido de aluminio o alúmina y el óxido de hierro.

Se dice que estos cuerpos son indiferentes desde el punto de vista químico, porque no podríamos decir si se colocan al lado del óxido de silicio y de los vitrificantes, como elemento

ácido, o al lado del óxido de calcio o cal y de las bases como el elemento básico.

Oxido de Aluminio.- La alúmina u óxido de aluminio, cuyas propiedades refractarias, son bien conocidas en los materiales de los hornos, no parece aumentar la fusibilidad de los vidrios; a pequeñas dosis este cuerpo tiene propiedades fundentes parecidas al óxido de hierro. He aquí las de Appert[5]:

a) La alúmina impide o retarda la desvitrificación;

b) La alúmina permite reemplazar sin inconvenientes a aún con ventaja, una parte de base alcalina por unidad equivalente de óxido de calcio o cal;

c) La alúmina puede sustiuir sin inconveniente el ácido de silicio en una proporción que no pase del 7 al 8 por ciento; la fusibilidad, aumenta ligeramente, la maleabilidad no se altera;

d) La alúmina tiene como inconveniente principal, el de aumentar la coloración del vidrio debido al sexquióxido de hierro.

Según la experiencia americana podemos decir que la alúmina en proporciones metódicas, modifica satisfactoriamente la fluidez y aumenta la viscosidad del vidrio, haciéndolo apto para el trabajo mecánico y automático.

Oxido de Hierro.- El óxido férrico, Fe_2O_3, es la principal fuente de hierro para algunos vidrios verdes y para los vidrios usados para absorber radiaciones ultravioleta.

Se aconseja para los vidrios a la absorción del calor una alta dosis de óxido de hierro; en igual forma se pueden añadir algunos materiales reductores, o minerales como magnetita Fe_3O_4, o siderita $FeCO_3$, o compuestos tales como oxalato ferroso, FeC_2O_4. El rojo preparado por la calcinación del sulfato ferroso u oxalato ferroso, es un material de limpieza en la manufactura del vidrio.

IV. MATERIA PRIMA UTILIZADA EN LA FABRICACION DE VIDRIO.- Las materias primas empleadas en la fabricación del vidrio, nunca pueden ser representadas mediante una fórmula química ideal, debido a que contienen muchas impurezas. Por esta razón los porcentajes calculados a base de las fórmulas químicas de los componentes no son muy exactos; pero se la considera, esta exactitud, dentro de los límites aceptables.

Siempre que la composición del vidrio deba ser calculada a base de la materia prima, (o la materia prima a base de la composición,) es necesario tener un análisis exacto de los varios materiales que suministrarán el elemento deseado.

Esto es de importancia cuando los minerales mas o menos beneficiados en alguna forma se utilizan para la introducción de los óxidos de silicio, aluminio, calcio, .

Las materias primas usadas en la fabricación del vidrio caen dentro de dos clasidicaciones naturales:

1) Minerales que se encuentran en la naturaleza y que pueden ser purificados o beneficiados de alguna forma, después de haber sido extraídas de la tierra;
2) Compuestos químicos comerciales. Ciertos subproductos obtenidos de procesos de operaciones metalúrgicas pueden ser usados con este propósito.

A) Descripción de cada una de las materias primas.

a).- Sílice u óxido de Silicio (SiO_2). La sílice es la materia vitrificante por excelencia y es el constituyente más importante de todos los vidrios comerciales; su porcentaje dentro de los vidrios varía desde el 100 por 100 en los vidrios de cuarzo hasta el 50 por ciento en ciertos cristales. La sílice es fusible a elevadas temperaturas 1800 ºC; pero se hace fusible con los álcalis, con las tierras alcalinas como la cal u óxido de calcio y además con los óxidos metálicos

siendo el más importante el óxido de plomo.

Las principales materias primas de la sílice, o sea los materiales que suministran el óxido de silicio, son en primer lugar las arenas silíceas que generalmente son gránulos de cuarzo; y el cuarso mismo, material demasiado caro y difícil de triturar, ya que para introducirlo en la mezcla del vidrio debe tener el grano un determinado tamaño.

La arena silícea debe pasar toda por lo menos por el tamiz número 20 . Si la arena pasa el tamiz número 100 constituye un inconveniente debido al polvo que se forma en el proceso de mezclado.

La clasificación comercial de la arena silícea se hace por grados; así tenemos la arena N°1, N°2,etc.

La composición de la arena silícea N° 1 es aproximadamente de 99,6 a 99,8 por ciento de SiO_2; el óxido de aluminio rarne veces excede el 0,3 por ciento y el hierro está bajo el 0,025 por ciento. Existen otros grados que contienen porcentajes más elevados de hierro. El costo de producción de la arena de sílice N° 1 no es muy elevado en comparación con aquellas de menor grado, por lo tanto se emplea este tipo de arena .

b).- La alúmina u óxido de aluminio (Al_2O_3). Generalmente la alúmina entra en la composición del vidrio en proporciones muy pequeñas, 2, 3, 4 y hasta 8 por ciento. A pesar de que la alúmina es un refractario muy importante, en pequeñas dosis en la composición del vidrio, no aumenta su infusibilidad, como debía suponerse; y se cree que posee las mismas propiedades fundentes que el óxido de hierro.

Las materias primas de donde se obtiene este óxido son muy abundantes. Entre las principales se describirán las siguientes: 1. Feldespatos, cuya fórmula química es $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ ó $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$, el primero denominado microclina y el segundo denominado albita, cuyos porcentajes de alúmina, Al_2O_3, teóricos es de 18,3 y 19,4

respectivamente; y los porcentajes verdaderos varían entre 16-19 y 16-20 por ciento en el mismo orden.

El feldespato, por numerosas razones, es la más importante fuente de alúmina. Este compuesto puede obtenérselo en condiciones lo más constantes posibles y en un estado lo suficientemente puro, libre de hierro y otros elementos dañinos; además tanto su bajo costo por cantidad de alúmina obtenida, como la generación de otros óxidos útiles a la composición del vidrio, son una de las propiedades importantes de este compuesto. Generalmente funde a los 1100-1200 grados centígrados y se disuelve rápidamente en la mezcla de las materias que constituyen el vidrio.

2. Alúmina hidratada, cuya fórmula química es $Al_2O_3.3H_2O$, es un producto artificial preparada por procesos de precipitación de materiales tales como la bauxita, $Al_2O_3.2H_2O$, en solución de aluminato de sodio. Contiene aproximadamente un 65 por ciento de álúmina y es útil en la mezcla del vidrio cuando no se desea introducir álcalis; también la introducción de hierro puede ser conservada al mínimo.

3. Caolín, cuya fórmula química es $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$, se usa también como fuente de alúmina cuando tiene un grado puro; pero como su composición varía ampliamente y es posible introducir hierro en grandes proporciones, no es muy apreciado.

4. Cianita, con fórmula química $Al_2O_3.SiO_2$, este mineral contiene tan bajo porcentaje de hierro como los feldespatos; pero en cambio suministra altas razones de alúmina, ofrece vantaja en el costo y su contenido de álcalis es bajo.

5. Criolita, con la fórmula química Na_3AlF_6, se usa principalmente en la producción de vidrios blancos y ópalos. Funde fácilmente y algunas veces es usado como fundente, en pequeñas cantidades, además disminuye la viscosidad del vidrio. Su alto costo lo hace que no sea empleado frecuentemente.

c

c). El Oxido de Boro, generalmente es suministrado en la carga del vidrio al introducir bórax, cuya fórmula química es $Na_2B_4O_7.10\ H_2O$; que es una de las materia primas más puras usadas en la fabricación del vidrio, ya que su pureza llega a 99,5 por ciento y usualmente se acerca mucho al 100 por ciento, existen el bórax alrededor del 0,2 por ciento de cloruros y sulfatos de sodio y sílice. El bórax es producido de diferentes variedades. Hay granos de cristal de bórax y cristal de bórax alargados, obtenidos estos últimos cristalizando lentamente una solución moderadamente concentrada. El bórax granulado resulta de un enfriamiento rápido de una solución mas bien fuerte y consiste de una mezcla de pequeños cristales y agregados no definidos. Almacenado bajo condiciones normales de temperatura y humedad el bórax se conserva bien, habiendo solamente peligro de que pierda una pequeña cantidad de su contenido de agua cuando el almacenaje es muy prolongado.

El ácido bórico de fórmula química $B(OH)_3$ ó H_3BO_3, se lo produce del bórax y otros baratos por descomposición con el ácido sulfúrico o el ácido clorhídrico. Después de la recristalización el producto es vendido como cristales granulado. Es fácil de almacenar y es un producto químicamente puro

El bórax cuando se calienta, primero pierde el agua y luego crece de volumen; cuando llega al rojo funde a un vidrio claro el cual enfría sin desvitrificación.

Al calentarlo el ácido bórico se comporta similarmente al bórax, aunque no se expanja mucho, ya que pierde su agua a menor temperatura. Forma igualmente una clase de vidrio, al endriarlo.

En la fabricación del vidrio el bórax es, generalmente, preferido al ácido bórico, debido a que es más barato por unidad de peso de óxido bórico, B_2O_3, y además suministra óxido de sodio. El ácido bórico es empleado en lugar del bórax cuando se quiere que el vidrio contenga poco o ninguna cantidad de sodio, o en cargas poco voluminosas.

La razón para introducir óxido bórico en el vidrio pueden ser dividida en dos grupos principales:

1) La que concierne con la fundición del vidrio y las propiedades de la fundición del vidrio.
2) Las que tienen que ver con la calidad del vidrio después de que éste se ha enfriado.

Algunas propiedades de los vidrios boro-silicatos tienen que ver directamente con el alto porcentaje de óxido bórico. La más importante de estas propiedades son la reducción de la expansibilidad, el incremento de la resistencia ala corrosión y la influencia sobre el índice refractivo.

Considerando lo que concierne con la fundición del vidrio, el ácido bórico introducido en pequeñas cantidades sirve para:

1) Proporcionar fácil fundición;
2) acelerar el afinado;
3) Prevenir la desvitrificación;
4) mejorar la calidad del vidrio para la manipulación a mano o a máquina.

En lo que se refiere al vidrio una vez que haya sido enfriado, el propósito de la adición de pequeñas cantidades de ácido bórico es:

1) Incrementar la resistencia mecánica;
2) mejorar la durabilidad térmica y química;
3) dar una buena apariencia al vidrio.

Por todas la s razones expuestas anteriormente no cabe duda que en vidrios soda-cal, la inclusión de pequeñas cantidades de óxido bórico, ya sea en la carga a introducir o en la composición del vidrio, es beneficiosa. El óxido bórico mejora la

fundición y en particular en el caso de vidrios ventanas el vidrio se hace más duro al corte.

d). Oxido de Calcio, con fórmula química CaO. Este óxido se lo obtiene del carbonato de calcio, $CaCO_3$. El carbonato de calcio se encuentra en grandes cantidades con variados grados de pureza, y consolidación desde el mármol hasta las tierras calcáreas. Muchas calizas americanas consisten de dolomita, $CaCO_3.MgCO_3$, y una mezcla de dolomita y calcita. El óxido de calcio es el más importante de los elementos básicos del vidrio. El óxido de calcio es el compuesto que combina mejor la economía con la utilidad, puesto que mejora el afinado dando mayor fluidez al vidrio a elevadas temperaturas, en igual forma este óxido hace al vidrio menos plástico y más fácil de trabajar. La principal desventaja del óxido de calcio radica que al usar porcentajes altos, aumenta la tendencia del vidrio a la desvitrificación con la formación de silicatos. Esto limita el uso de un porcentaje menor en la composición del vidrio, como indicaría la economía.

Estudiando los efectos del óxido del calcio en el vidrio ya terminado, o sea frío, se puede decir que lo hace menos soluble al agua,en el caso de los vidrios de ventanas, los hacen más resistentes a la acción de la lluvia, de la humedad y de las intemperies. Para terminar de enunciar sus principales ventajas diremos que el óxido de calcio aumenta la resistencia mecánica y elástica del vidrio ya que lo hace menos frágil e imparte mayor brillantes que los álcalis , a la superficie de lámina de vidrio .

Un buen óxido de calcio para la fabricación de vidrio debe contener menos del 0,1 por ciento de hierro en forma de óxido férrico Fe_2O_3 , desde 0,3 a 0,6 por ciento de minerales insolubles, como por ejemplo sílice, y 0,2 a 04 por ciento de óxido de alumino, alúmina. Cuando se tiene una piedracaliza de alto contenido de calcio no puede tener menos del 56 por ciento de óxido de calcio,

CaO; si se trata de una caliza dolomítica deberá contener 30 por ciento de CaO 21 por ciento de MgO.

El carbonato de calcio precipitado, basi químicamente puro, se lo obtiene como sub-producto del cloruro de calcio y se lo utiliza para vidrios de cal de grado más fino.

Las materias primas para la obtención del óxido de calcio se pueden agrupar como sigue:

1) Cal Quemada CaO, formada por la calcinación de la piedra caliza en orchas para este efecto. Es fuente de calcio para la carga del horno de vidrio. La cal quemada, reacciona rápidamente con la sílice con generación de calor, no contiene materias carbonáceas, y presenta un mínimo de peso y volumen · La desventaja de la misma es que se hidrata rápidamente en los almacenajes, por lo tanto su composición es inconstante y es relativamente más cara que otras materias primas.

2) Cal dolomítica calcinada, especialmente CaO.MgO, es hecha en la misma forma que la anterior y tiene las mismas ventajas y desventalas que ellas. Oxidos mezclados resultantes de la calcinación de la dolomita son más difíciles de apagar, debido a que está presente el óxido de magnesio MgO que es comparativamente inerte.

3) Cal hidratada o cal apagada, $Ca(OH)_2$, es cal quemada mezclada con agua en una adecuada proporción, la cal hidratada contiene alrededor de 75 por ciento de CaO. Este material algunas veces es preferido por algunos fabricantes de vidrio como fuente de óxido de calcio. Este material ofrece la ventaja de que contiene una composición estable y fácilmente se calcina en el horno de vidrio. Pose la desventaje de que no es muy económica.

e). Oxido de Magnesio.- El uso moderado del óxido de magnesio en los vidrios de ventanas, aumenta la resistencia a los cambios de temperatura y mejora las propiedades mecánicas. Es un correctivo de la

desvitrificación que permite disminuir el tenor de sílice y paralelamente la cantidad de fundente; es un elemento de mucha economía para la fabricación de vidrio de ventana.

La principal fuente de óxido de magnesio, MgO, es la piedra caliza dolomítica, $CaO.MgO.2CO_2$, la dolomita calcinada, CaO.MgO, y los hidratada, $CaO.MgO.2H_2O$, derivadas de la anterior. En el párrafo anterior ya se discutió cada una de ellas.

f). Oxido de Potasio, K_2O, este óxido es a menudo suministrado por el carbonato hidratado de potasio, $K_2CO_3.1,5\ H_2O$. Se lo obtiene del cloruro de potasio. El material es delicuescente y contiene aproximadamente 56 por ciento de K_2O, lo que depende de la cantidad de humedad. Las principales impurezas son el cloruro de potasio y sulfato de potasio. Las principales materias primas son:

1) Carbonato de Potasio, K_2CO_3, conocido también como carbonato calcinado de potasio; este material es el preferido por los fabricantes de vidrio. Tiene la ventaja de que posee un alto contenido de K_2O, alrededor de 68 por ciento, y requiere menos calor en el proceso de fundición que el carbonato hidratado.

2) Nitrato de Potasio, denominado salitre, cuya fórmula química es KNO_3, es a menudo usado donde la acción oxidante de un nitrato se requiere. Este material generalmente se lo prepara del nitrato de sodio por descomposición doble con cloruro de potasio. Contiene alrededor de 45,6 por ciento de K_2O siendo muy puro y no higroscópico.

3) Hidróxido de Potasio, denominado potasa cáustica, KOH, en igual forma ha sido indicado como fuente de potasio. Se lo obtiene por electrólisis del cloruro de potasio y se lo encuentra en el mercado en algunas formas conteniendo alrededor de 90 por ciento de KOH. La característica principal es ser muy higroscópico y rápidamente toma el H_2O del aire. La desventaja son que requiere especial almacenaje y es desagradable y corrosivo para la manipulación.

g). Oxido de Sodio, con fórmula química, Na_2O. La principal fuente de este óxido es el carbonato de sodio, Na_2CO_3, que se introduce en la carga. Para la obtención se sigue un proceso especial tratando el cloruro de sodio con amoníaco y dióxido de carbono para formar bicarbonato de sodio; el bicarbonato es calentado para formar el carbonato ya en forma normal. La pruncipal impureza del carbonato de sodio es el cloruro de sodio el cual rara veces excede del 0,5 por ciento y la cantidad disponble de Na_2O se acerca al valor teórico del 58,5 por ciento. El contenido de hierro es despreciable. Otras materias primas para la obtención del óxido de sodio son:

1) Sulfato de sodio, Na_2SO_4, es la principal fuente de Na_2O después del carbonato, se lo obtiene como un subproducto de la fabricación del ácido clorhídrico. El porcentaje de Na_2O está alrededor del 43 por ciento y el contenido de hierro es tan bajo como se desea. Su precio es bastante elevado por lo que no ofrece ninguna economía si lo comparamos con el carbonato de sodio. El uso principal del sulfato de sodio, se debe a que previene la formación de escoria de sílice en la cuba de fundición.

Cuando el sulfato de sodio es usado en mayor proporción, como en los vidrios de ventanas y vidrios planos, se lo acompaña con suficiente carbón pulverizado para lograr la reducción de sulfato a sulfito, debido a que así reacciona más rápidamente con la sílice.

2). Nitrato de Sodio, $NaNO_3$, se lo usa principalmente por su poder oxidante. Un grado adecuado para el uso en el vidrio se lo prepara por recristalización al extraer el agua.

Recientemente se han dado métodos para producir ácido nítrico y nitratos por la oxidación directa del nitrógeno en el aire. El producto es bastante puro y compite con los nitratos naturales. Puesto que el nitrato de sodio posee un punto de fusión

bajo, se lo utiliza, para acelerar la fundición de la carga, especialmente como un agente oxidante y como fuente de óxido de sodio. Es muy soluble en agua por lo tanto higroscópico. su contenido de Na_2O es de 36 por ciento. Otras fuentes parciales de óxido de sodio son el bórax, feldespato, etc.

h). Oxido de Hierro, Fe_2O_3 ó FeO. El óxido ferroso o férrico es la principal fuente de hierro para los vidrios verdes y vidrios que sirven para absorber las radiaciones ultravioleta. Para la producción de vidrios que absorben el calor, es necesario un alto contenido de FeO, al igual que materiales reductores, como magnetita Fe_3O_4, ó siderita $FeCO_3$, ó algún compuesto ferroso como el oxalato ferroso $FeCO_4$.

Una forma cruda del óxido férrico se obtiene de la hematita. El rojo de hierro es un material usado en la fabricación del vidrio plano como material lustroso.

TABLA Nº 4

Puntos de Fusión de algunos Compuestos de interés en la Fabricación del vidrio.

(Tomados de distintas fuentes)

Nombre	Fórmula	Punto de Fusión °C.
Oxido de aluminio	Al_2O_3	2050
Silicato de aluminio	$3Al_2O_3.2SiO_2$	1810
Carbonato de Bario	$BaCO_3$	1450
Nitrato de Bario	$Ba(NO_3)_2$	592
Silicato de bario	$BaSiO_3$	1605
Sulfato de bario	$BaSO_4$	1580
Acido bórico	H_3BO_3	185
Oxido de calcio	CaO	2572
Carbonato de calcio	$CaCO_3$	
Nitrato de calcio	$Ca(NO_3)_2$	560
Silicato de calcio	$CaSiO_3$	1540
Sulfato de calcio	$CaSO_4$	1450
Silicato de hierro	$FeSiO_3$	1200
Carbonato de magnesio	$MgCO_3$	
Oxido de Magnesio	MgO	2800
Silicato de magnesio	$MgSiO_3$	1555
Sulfato de magnesio	$MgSO_4$	1185
Carbonato de potasio	K_2CO_3	891
Hidróxido de potasio	KOH	380
Nitrato de potasio	KNO_3	334
Silicato de potasio	K_2SiO_3	976
Sulfato de potasio	K_2SO_4	1076
Oxido de silicio	SiO_2	1710
Carbonato de sodio	Na_2CO_3	851

Continuación de la tabla Nº 4.

Nombre	Fórmula	Punto de fusión °C.
Cloruro de sodio	$NaCl$	800
Nitrato de sodio	$NaNO_3$	308
Silicato de sodio	$NaSiO_3$	1089
Sulfato de sodio	Na_2SO_4	884
Disilicato de sodio	$Na_2Si_2O_5$	874

V. FUSION DEL VIDRIO.- La fusión es la principal operación de la industria del vidrio, es la más difícil y por lo tanto, la que más cuidados requiere.

Es difícil porque contiene varias operaciones sucesivas y a veces simultáneas pero distintas. Son simultáneas en los hornos modernos contínuos. Es difícil la técnica de la fusión además porque están en juego gran número de propiedades físicas del vidrio muy diferentes a las propiedades de materias primas sujetas a fusión.

La fundición.- La fundición es la operación en que se descomponen las primeras materias cargadas de sustancias volátiles, ya sea por disociación o por reacción de los elementos ácidos sobre las bases. Luego ocurre la disolución de las materias más refractarias en los fundentes. Y por último la homogenización de la materia por miscibilidad cuanto más rápida tanto más elevada la temperatura.

Afinado.- El afinado es la operación que consiste en ultimar la homogenización del vidrio y expulsar todas las burbujas gaseosas resultantes de la descomposición de los carbonatos y de la expulsión de todas las materias volátiles.

Caracteres especiales de la fusión vítrea.- La materia vítrea comprende todos los silicatos fundidos, fosfatos, boratos o compuestos complejos; Experimenta la fusión o solidificación del vidrio leyes distintas a las de la fundición de metales y de sus aleaciones, ya que:

1) No existe el estado sólido perfecto; el vidrio después de adquirir una consistencia suficiente para asegurar su forma exterior invariabe, conserva cierta mobilidad de las moléculas, que hace posible reacciones mecánicas, químicas y eléctricas;

2) No hay absorción o desprendimeinto de calor aparentes, correspondientes a un cambio de estado, pero hay

continuidad de calor de calentamiento o de enfriamiento. No hay realmente cambio de estado, puesto que el vidrio fundido es una solución y contínua en el estado de solución sólida sobrefundida después de la solidificación;

3)No ahy fluidez inmediatamente realizada para una temperatura dada, pero si existe una simple variación de la viscosidad, según la ley de crecimiento contínuo; y

4) No hay temperatura de fusión.

Definición de la fusión del vidrio.- Esta definición de la fusión del vidrio se deduce del estudio de la dilatación.

Un vidrio, cualquiera que sea su naturaleza, sometido a la acción del calor, presenta una anomalía en su ley de dilatación, correspondiente al punto en que la muestra soplada sufre una deformación que indica un ablandamiento o principio de fusión: siempre hay un crecimiento del coeficiente de dilatación, como si el vidrio que pasa al estado líquido siguiera una ley de dilatación diferente de la del vidrio en estado sólido. Este fenómeno se se realiza sin desprendimiento sensible de calor y sin que haya calor de fusión medible.

La temperatura correspondiente a este cambio de consistencia es la que llamremos temperatura del comienzo de fusión; esta temperatura no es rigurosamente observable correspondiendo a una inflexión por variación completamente contínua de la curva de la dilatación. No puede determinarse sino aproximdamente.

Por encima de esta temperatura si se sigue calentando el vidrio, la fluidez aumenta, primero lentamente, luego más de prisa.

La fluidez del vidrio es variable en función de la temperatura. La fusión del vidrio, propiedad física fundamental, tal como la acabamos de caracterizarla para todos los virios, parte en principio de las temperaturas precedentemente definidas,

pero también está sometida a la ley de la viscosidad y se deriva de de la ley de la dilatación.

La Fase de Fusión.- Se considera que la fase de fusión comienza cuando la materia prima es introducida dentro del horno, y se completa esta fase cuando el vidrio está libre de materia cristalina existente en la materia prima. Por tiempo de fusión o fundición se entiende entonces el tiempo requerido para que cualquier porción de materia prima llegue a estar libre en la masa vítrea.

Varios factores influencian sobre el tiempo de fundición:

1) La composición del vidrio;
2) La temperatura de fusión;
3) Tamaño del grano de la materia prima;
4) Cantidad y tamaño del grano de la cha - tarra de vidrio;
5) Composición química de la materia prima; y
6) La homogenidad de la mezcla de la materia prima.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL 1959 GUAYAQUIL
BIBLIOTECA

Se llevaron a cabo varios experimentos para determinar la influencia de cada uno de estos factores en el tiempo de fundición del vidrio; por ejemplo Potts, Brookover y Burch[6] opinan al respecto:

1) Cuando el tamaño del grano de toda la materia prima es el mismo, el tiempo de fusión disminuye como disminuye el tamaño del grano.

2) Si el tamaño del grano de los materiales son diferentes, el tiempo requerido para la fusión llega a incrementarse, probablemente debido a la separación que existe entre los distintos materiales.

3) Cuando el tamaño del grano de las

materias primas difieren, la adición del vidrio roto tiende a minimizar la separación durante la fundición y así reduce el tiempo requerido para el proceso de fusión. El primer incremento de vidrio roto parece tener más marcado efecto sobre el tiempo requerido para la fusión.

4). En el caso de materias primas que tienen distribuciones típicas del tamaño del grano, como se encuentra en los vidrios comerciales, la efectividad del vidrio roto agregado parece tener sus variaciones.

En lo referente a la composición química del vidrio, su efecto sobre el tiempo de fusión no puede ser claramente definido. Sin embargo cuando una materia prima reeplaza a otra, cambios significantes en el comportamiento general de fundición se opera, incluyendo cambios en el tiempo de fusión.

Fase de Afinado.- El afinado es la parte del proceso de fabricar vidrio en que el vidrio fundido queda libre de las burbujas. En la mayoría de los vidrios comerciales es el factor determinante en el tiempo requerido para producir los vidrios de buena calidad a una temperatura dada. Afinado adecuado en vidrios comerciales es una operación específica.

El tratamiento de afinado como proceso químico, involucra un concepto de acidez relativa, o potencial negativo debido a la presencia de ciertos iones. Desde el punto de vista físico, involucra aspectos de viscosidad, tensión superficial, y diferencias de densidad. Indudablemente los procesos químicos y físicos contribuyen a variar el proceso de afinado. El afinado por lo tanto, no es una propiedad fundamental del vidrio.

Las diferencias entre los vidrios son debidas a las diferencias en las composiciones químicas y al uso de agentes de afinado. Los importantes agentes de afinado son los sulfatos, arsénico, antimonio, y los fluoruros.

Fase de Homogenización.- La homogenidad como se aplica al vidrio, es un término relativo y es necesario especificarlo en casos particulares el tipo de grado de homogenización bajo discusión. La perfecta homogenidad puede decirse que existe cuando no hay variación en las propiedades, definitivamente atribuidas al vidrio.

Generalmente, cuando el término homogenidad es empleado, se refiere a la uniformidad química en la escala de afinado, es decir ausencia de materias extrañas en el vidrio.

Los factores que influencian en la homogenización pueden ser:

1) Temperatura;
2) Tiempo;
3) Formulación de la mezcla o combinación de las materias primas empleadas;
4) Grado de uniformidad de la mezcla;
5) Tendencia a la segregación en el transporte y fundición;
6) Naturaleza y grado de convección y agitación mecánica; y
7) Relaciones físico-químicas en el sistema vidrio-mezcla-materiales refractarios.

VI VIDRIOS PLANOS.- El vidrio plano es la placa de vidrio obtenida por laminado, de caras paralelas y perfectamente planas, gracias a los tratamientos mecánicos que experimenta. La fabricación de los vidrios planos ocupa uno de los principales lugares en la industria del vidrio. En cuanto a tonelaje, es la primera, alcanzando una producción igual a lado de todas las demás industrias de vidrio reunidas.

La industria del vidrio plano ha recibido una transformación radical debido a que hoy contamos con procedimientos mecánicos autómaticos para la producción.

Fabricación mecánica.- Hay distintos métodos para la produccipon de vidrio plano, entre los que merecen destacarse el procedimiento Lubbers perfeccionado primero por Chambers y luego más tarde por la American Window-Glass Company, el proceso Colburn-Libbet, el proceso Pittsburg inglés y americano; y el procedimiento Fourcault.

Procedimiento Fourcault .- Alrededor de 1900. Emile Fourcault de Bélgica dió una solución práctica y juiciosa para la fabricación de vidrios planos, mediante cuyo proceso se impide el estrechamiento de la banda de vidrio durante su estiramiento. Fourcault patentó su proceso en 1901, pero no fue posible si no hasta 1914 la producción de vidrio en gran escala para el comercio.

El proceso Fourcault, tiene ventajas notables sobre otros métodos de fabricación de vidrios de ventanas, entre las que se destaca: la reducción sustancial de la distorción visual desde las superficies de los vidrios; la medida autómatica de la longitud del vidrio que se cortará de la máquina; en igual firma el corte autómatico de la hoja de vidrio; se produce un producto de espesor uniforme, dando así resistencia a la hoja de vidrio. Desde el punto de vista económico y de escala de producción el Proceso Fourcault se adapta para fábricas de vidrios de ventanas donde se requiere una pequeña producción debido a la insuficiencia del mercado. en vista de éstas y muchas más ventajas, la presente instalación contará, para su

producción de vidrio de ventana, con máquinas Fourcault.

El proceso Fourcault, se basa en el fenómeno del que vidrio se opone en absoluto,por su encogimiento' al estiramiento propiamente dicho , por lo tanto Fourcault, tomando en consideración éste, invierte el problema: en lugar de estirar hace surgir bajo presión una banda de vidrio a través de una hendidura de su proveedora sumergida en el vidrio fundido. La banda así obtenida, al no ser forzada, no presenta ninguna tendencia al encogimiento. Sólo exige ser mantenida en posesión verticalm hasta que solidifique completamente.

La proveedora o estiradora es una pieza de material refractario, denominada DEBITEUSE, que se sumerge en el vidrio, sobrecargada por un dispositivo adecuado.

La formación de la banda de vidrio tiene lugar en un pozo vertical que empieza ligeramente encima del vidrio y que está separado en toda su altura por los dos muros de las dos cámaras de calentamiento laterales. En cada una de estas cámaras hay un quemador pequeño a gas, a cada lado de la hoja de vidrio. Esta zona está, además, sellada con asbesto, ya que se trata de hacer un poco de vacío para formar los gases calientes dentro de esta cámara . La banda pues, es calentada en la primera parte de su recorrido ascendente. Entre el primer y segundo rodillo de la máquina, existe otro juego muy pequeño de quemadores que ayudan a pulir la hoja de vidrio y mantener la gradiente de temperatura. Esta disposición de cal r permite mantener en los polos una temperatura muy estable, cuya descrescencia, a medida que la banda de vidrio sube, está cuidadosamente estudiada. El vidrio derretido, que entra en la proveedora o debeteuse a una temperatura,,de 600 grados centígrados, sale por una hendidura, dispuesta arriba del pozo, a la temperatura de 500 grados centígrados aproximadamente.

Un dispositivo importante consiste

en un fuerte enfriamiento de la banda de vidrio que sale de la proveedora o debeteuse, por unos tubos de circulación de agua, dispuestos paralelamente al plano de estiramiento, a cierta distancia adecuada. El papel de éstos, es asegurar la toma de rigidez por parte del vidrio lo más a prisa posible, al salir del debiteuse.

La parte de los pozos se prolonga hacia lo alto de un canal metálico, revestido de amianto, en el cual tiene lugar el enfriamiento lenta de la banda de vidrio. En esta parte se encuentra todo un sistema de rulos de transporte, dispuestos cada 30 centímetros, aproximadamente. Los extremos de estos rulos están ensanchados en forma ligeramente cónica; esta particuliridad tiene por objeto aplastar los bornes de la banda de vidrio que salen del debiteuse un poco reforzados. Unos rulos son fijos y otros son móviles. La fricción de los rulos o rodillos contra la banda de vidrio es regulable mediante un mecanismo especial. .

El canal vertical de enfriamiento está dividido en varios comportamientos,por unos tabiques horizontales que sobresalen sobre la pared y que se acercan a los rodillos. Unos pórticos movibles en cada comportimiento, facilita la regulación de la temperatura deseada. Además, unos tabiques protegen la proveedora contra los accidentes de rotura de la banda de vidrio y la obstrucción debido a los residuos de vidrio róto.-

El procedimiento exige una gran exactitud de todas las operaciones. La temperatura del vidrio fundido suministrado a la proveedora, debe ser constante, mientras la caída de temperatura en el pozo debe ser estable. La banda de vidrio al salir del pozo debe estar completamente solidificada para soportar el contacto con el primer piso de rulos, sin correr el riesgo de un empañamiento de las carns a causa del frotamiento.

El gran número de rulos permite la aplicación de un frotamiento débil para obtener un aspecto correcto de las

caras de la banda de vidrio. La banda suficientemente enfiada abandona el canal principal por una última hendidura, seguidamente es cortada en pedazos , los que son levantados por medio de transportadores de ventosas.

Existen algunos problemas en el proceso de estiramiento de una banda de vidrio por el método Fourcault. Entre los principales podemos nombrar dos: el más grave de ellos sucede cuando los estiradores de la máquina fourcault se aflojan de la banda de vidrio. Puesto que el vidrio está suave todavía, en este instante, el vidrio responde elásticamente y bandea de un lado a otro, con peligro de que la banda de vidrio colapse en el pozo y como consecuencia se pierda; lo que ocasiona una gran pérdida de tiempo debido que es necesario calentar nuevamente el pozo. El segundo problema consiste en la formación de una rajadura en la banda de vidrio durante su estiramiento, que puede persistir mientras se prosiga el estiramiento de la banda. Para contrarestar este inconveniente se procede a producir un choque térmico mediante un quemador portátil, en el origen de la rajadura, tratando entodo momento de que la rajadura se corra hacia el borde de la banda de vidrio evitando , de esta forma, que el vidrio que continúa ascendiendo por los rodillos siga rajándose, inutilizándose por consiguiente. Esta rajadura se produce por muchos motivos; entre los que se destacan , las corrientes de aire que ocasionan fuertes esfuerzos internos; y las piedras, producto de la desvitrificación de parte del vidrio del pozo, al pasar por entre los rodillos.

En el proceso fourcault, a medida que se estirando la banda, y como ésta sigue su rrecorrido por los rodillos, se produce el tratamiento de templado de la banda de vidrio, lo que se logra mediante una graduación y control adecuado de la temperatura, desde que sale del debiteuse hasta que se efectúa el corte

de la misma. A medida que la temperatura desciende, generalmente desde 600 grados centígrados en que está el vidrio en el pozo, la banda se va sometiendo a esfuerzos internos producidos por este cambio de temperatura y además la banda no podrá hasta una determinada temperatura crítica, denominada temperatura "Strain Point", someterse a esfuerzos externos considerables porque existirá deformación plástica.

Los movimientos de los átomos en el vidrio pueden librar de los esfuerzos que existen dentro de él. Esto es verdadero siempre que los vidrios sean sometidos a una temperatura superior a una temperatura mínima en que el vidrio llega a la desvitrificación. Esta temperatura, es una función de la razón de enfriamiento. Los esfuerzos residuales en el vidrio se relajan más rápidamente a medida que elevamos la temperatura.

Es de suma importancia, que el vidrio de ventana sea sometido al proceso de recocido y templado para minimizar los esfuerzos internos de la banda de vidrio, enfriándolo lentamente en la región de recocido que está entre los 100 y 200 grados fahrenheit. El vidrio templado se logra introduciendo un alto grado de esfuerzos internos mediante un enfriamiento rápido a través de la zona de recocido.

A la temperatura de recocido T_a, donde la viscosida es igual a 10^{13} poises, esta viscosidad formalmente se define como $10^{13,4}$ poises, la mayor parte de los esfuerzos térmicos pueden ser suprimidos rápidamente. Lillie[7] nos da la siguiente ecuación para calcular el tiempo t, en segundos, para bajar los esfuerzos residuales desde un valor muy alto al valor deseado σ libras por pulgada cuadrada, a la temperatura T, en grados centígrados.

$$t = \frac{e^{-0,07(T-Ta)}}{3,28X10^{6}\ \sigma}$$

De esta fórma, en la temperatura del punto de recocido, cualquier esfuerzo puede ser bajado en 15 minutos a menos de 375 libras por pulgadas cuadrada. La razón de enfriamiento ha sido determinada por W.D. Kingery[8]:

$$R = \frac{\sigma_t}{\alpha_l 10^9 d^2}$$

Donde R es la razón de enfriamiento, σ_t es el esfuerzo de tensión permisible; α_l es la expansión lineal térmica; d es el espesor entre superficie que se enfrían a la misma razón.

La razón de enfriamiento es más útil entre las temperaturas del punto de recosido Ta, y la temperatura donde comienza la deformación elástica que se denomina la temperatura "Stain Point" T_s. Bajo esta temperatura T_s por lo tanto habrá deformación elástica.

La templa del vidrio se logra por medio de aire o aceite desde la temperatura sobre el punto de recosido. El efecto del templo sobre las propiedades físicas del vidrio es importante debido a que los esfuerzos compresivos de superficie deben ser vencidos antes que el vidrio sea sometido a esfuerzos de fractura.

En el proceso Fourcault, como se dijo antes, la hoja se templa a medida que se estira pasando por los rodillos; ellos se logra mediante el enfriamiento progresivo en el aire.

Para comprender mejor el proceso de remoción de esfuerzos en la banda de vidrio formada en la máquina Fourcault, será necesario hacer un estudio de estos esfuerzos que se originan en la banda del vidrio al ser enfriada desde la temperatura de formado hasta la temperatura ambiente.

Siempre que exista un cambio de temperatura no uniforme, en la hoja de vidrio, se producen cambios dimensionales de acuerdo con el principio de dilatación, como consecuencia

habrá una deformación unitaria causada por los esfuerzos dentro del vidrio. Estos esfuerzos son mucho más importantes en el vidrio, que en los metales, debido a que los últimos poseen ductibilidad lo que da lugar a que estos esfuerzos sean liberados; como consecuencia de esto el vidrio corre el riesgo de rajarse o despostillarse.

La naturaleza de la generación y liberación de esfuerzos ha sido explicado por Adams y Williamson[9]:

" Supongamos que una placa de vidrio, originalmente libre de esfuerzos y a una temperatura baja uniforme, es calentada por ambas caras, esto es, en las dos superficies normales a la dirección más pequeña de la placa. Las capas exteriores, estando más calientes, tienden a expandirse más que las interiores, pero esta tendencia es resistida por las capas internas; esto es, las superficies de la placa no son libres de expandirse la cantidad normal y estarán, por lo tanto, bajo compresión longitudinal, compresión en todas las direcciones paralelas a las caras de la placa. Al mismo tiempo las capas más interiores estarán sometidas a un estrechamiento por las capas exteriores y estarán bajo tensión. Además, los esfuerzos longitudinales están cambiando continuamente desde esfuerzos de compresión en la superficie hasta esfuerzos de tracción en el punto medio, y por lo tanto a una cierta distancia de la superficie habrá una capa que no soporta esfuerzos, esto es, una capa neutra. Si ahora la temperatura en la placa mantenida uniforme por toda la placa, recobrando así su condición original, la gradiente térmica desaparece, y por lo tanto desaparecerán los esfuerzos. Supongamos ahora que el vidrio es enfriado, se observarán esfuerzos iguales que cuando fue calentada, pero de signo opuesto, esto es, tensión en las capas exteriores y compresión en el medio. En general, entonces, una gradiente de temperatura establecida por calentamiento producirá en las capas exteriores una compresión longitudinal, y una gradiente de temperatura

distribución de temperatura será prácticamente parabólica y permanecerá constante mientras que los cambios de la temperatura con el tiempo sea constante. Nosotros suponemos, entonces, que la gradiente de temperatura en el bloque de vidrios ha alcanzado un estado estable mientras el vidrio está todavía blando y así incapaz para retener la deformación temporal causada por la introducción de esta gradiente. El vidrio, por lotanto, no estará bajo esfuerzos mientras la gradiente de temperatura esté siendo establecida, ni mientras que él esté siendo enfriado a una razón uniforme, porque la diferencia de temperatura en la dirección transversal permanece constante. Pero cuando la superficie del vidrio ha llegado a la temperatura del medio ambiente, podemos suponer que el vidrio no se enfría más y que la temperatura finalmente llega a ser uniforme en toda la placa de vidrio. Al remover esta gradiente de temperatura, como se explicó antes, provocará esfuerzos de la misma clase como aquellos producidos por el calentamiento, y consisten, por lo tanto, en esfuerzos de compresión longitudinal en el lado exterior y esfuerzos de tensión en el interior. La deformación resultante de estos esfuerzos se denominará ordinariamente deformación elástica "Strain", puesto que ésta es la clase usual de deformación permanente, y la deformación producida cuando el sólido está comenzando a enfriar (un tipo de deformación) nosotros llamaremos deformación inversa.

"Así sucede que un bloque de vidrio enfriado desde una temperatura en la cual es blando a alguna otra temperatura a la cual se endura, adquiere a la más baja temperatura deformación ordinaria permanente. En la figura N° 2 se indica gráficamente como una placa de vidrio puede recibir deformación por enfriamiento desde una temperatura elevada.[10] Las líneas de trazos indican la deformación y las líneas contínuas la distribución de temperatura. En la figuraN° 3 se muestra al vidrio bajo la temperatura donde un apreciable ablandamiento ocurre, e inicialmente sin gradiente térmica,

no adquirirá deformación permanente cuando se lo enfríe a la temperatura ambiente, la deformación inversa introducida cuando el vidrio comienza a enfriarse, es exactamente equilibrada por la deformación ordinaria establecida cuando la gradiente de temperatura es suspendida a la más baja temperatura.

"Es evidente, por lo tanto, que tratando con deformaciones internas causadas por enfriamiento uniforme del vidrio, podamos considerar dos casos límites: 1) Enfriamiento desde una temperatura relativamente alta con la producción de una deformación permanente, y 2) enfriamiento desde una temperatura relativamente baja, caso en el cual no se introducen deformaciónes permanentes.

"El vidrio enfriado desde una temperatura intermedia adquirirá deformación interna, una cantidad que está entre las cantidades recibidas en los dos casos mencionados anteriormente. Refiriéndonos a la figura Nº4 permitamos que la placa de vidrio está inicialmente a 500 grados centígrados por todas partes y libre de esfuerzos al ser enfriada como antes a una razón de 10 grados centígrados por minuto. Entonces, como en el caso anterior una gradiente parabólica de la temperatura es inmediatamente establecida en el bloque, por lo tanto causa una cierta cantidad de deformación inversa, pero mientras esa gradiente está siendo establecida o después que la gradiente ha sido establecida, parte de está deformación inversa desaparecerá por rendimiento viscoso del vidrio, y por lo tanto, cuando la gradiente es liberada a la temperatura ambiente la deformación inversa no será suficientemente para neutralizar la deformación ordinaria producida a la más baja temperatura. El residuo es la deformación finalmente observada.

"Aunque la discusión anterior ha sido limitada el caso especial de enfriamiento a una razón uniforme, una pequeña consideración mostrará que la explicación dada puede extender - se a otra clase de enfriamiento y que en general la deformación restan-

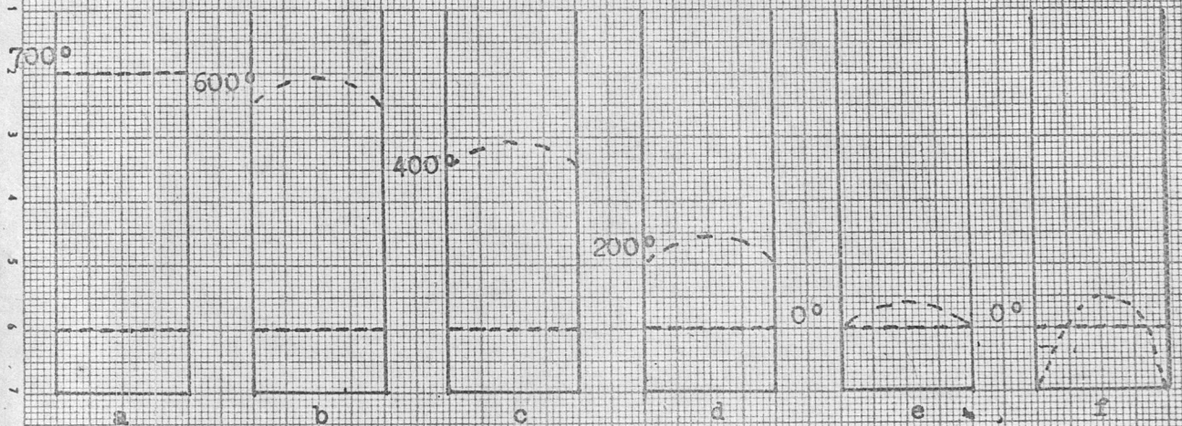


Figura Nº 2. Diagrama que muestra las varias etapas cuando una placa de vidrio se enfría desde una temperatura sufúcientemente alta, con una razón de enfriamiento uniforme, recibiendo deformación interna solamente cuando el enfriamiento es detenido. Las abscisas represen-representan la dirección normal a la superficie y las ordenadas representan temperaturas (líneas contínuas) y deformaciones (líneas de puntos).

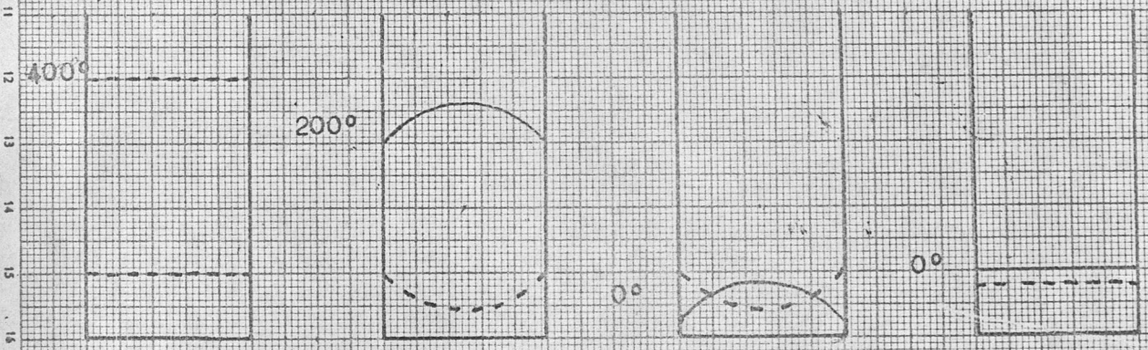
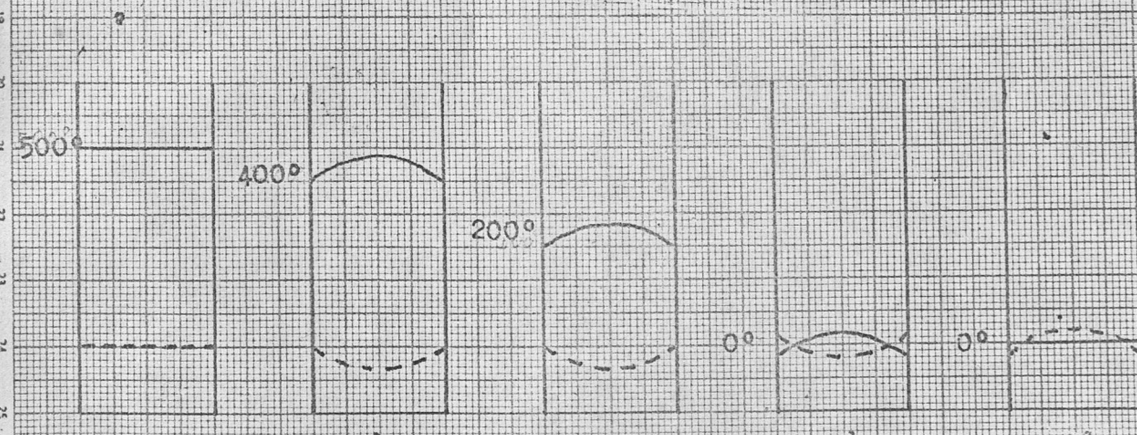


Figura Nº 3. En igual forma que la figura anterior, excepto que el vidrio es enfriado desde una temperatura bajo la región "Annealig Region". En este caso no se introduce, en el vidrio, deformación permanente.



FiguraNº 4. Aquí el vidrio es enfriado desde una temperatura dentro de la region de recocido "Annealing Region". En este caso se introduce deformación pero en menor cantidad, intermedia entre los casos antes mencionados.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1959
BIBLIOTECA

te en un bloque de vidrio es igual y opuesta en signo a la deformación inversa perdida por rendimiento viscoso en la primeras etapas del proceso de enfriamiento".

Adams y Williamson han demostrado que la deformación es directamente proporcional a la razón de enfriamiento. Mostraron que una hoja de $\frac{1}{4}$ pulgadas, de espesor de composición similar a un vidrio de ventana, cuando fue enfriado a una razón constante de 7,6 grados centígrados por minuto tendría un esfuerzo de 3,8 kilogramos por centímetro cuadrado; lo cual ha sido encontrado comercialmente muy aceptable. En el tratamiento de la hja de $\frac{1}{4}$ de pulgada se necesitó 126 minutos para bajar la temperatura desde 1040 grados centígrados a la temperatura ambiente a una razón constante de enfriamiento de 7,6 grados centígrados. Este ciclo de tratamiento requiere mucho tiempo. Es posible ahorrar tiempo en el tratamiento y obtener la misma deformación si el vidrio es enfriado muy rápidamente hasta una temperatura segura sobre la más alta temperatura a la cual el vidrio puede soportar un esfuerzo por pocos segundos y luego enfriarla a la misma razón como se ha indicado antes. Un tiempo adicional puede ser ahorrado si el enfriamiento lento continua solamente hasta que el vidrio endure lo suficiente.

Para soportar esfuerzos por largos períodos de tiempo sin deformación plástica, este punto como habíamos indicado antes se lo denomina "Strain Point" y la viscosidad en este punto vale 4×10^{14} poises.

"Si el enfriamiento es interrumpido en este punto, manteniendo la temperatura constante, la deformación será la misma como si el enfriamiento hubiera continuado hasta la temperatura ambiente, puesto que, no puede haber flujo de vidrio bajo el "strain point". Además si la razón de enfriamiento es acelerada bajo el"Strain point" y la temperatura llega a la del ambiente

la deformación será la misma que en el caso anterior. La deformación permanente dependerá de la razón de enfriamiento empleada en la zona de trabajo o recocido denominada "Annealingregion".

Los esfuerzos en el vidrio producidos por el tratamiento térmico al ser estirado en la máquina Fourcault pueden ser determinados por el estudio de la birrefrigencia del vidrio. Para recordar el fenómeno de la birrefrigencia, anotaremos los siguiente: las estructuras cristalinas retardan la velocidad de la luz, lo cual depende de la dirección de la luz y de su vibración. Así, la luz vibrando perpendicularmente a, y la luz vibrando paralelamente con, la dirección de los cristales tetragonales y exagonales tendrán dos diferentes velocidades, como consecuencia tendrán también dos índices de refracción. Unicamente el vidrio y los cristales cúbicos son iso-trópicos o isótropos, cpn respecto a la polarización electrónica de la luz.

Por lo tanto, podemos definir la birrefrigencia como la diferencia en el índice de refracción entre el rayo más veloz y el rayo más lento.

Los vidrios y cristales cúbicos pueden llegar a poseer birrefrigencia debido a los esfuerzos los cuales cambian la densidad atómica normal a la dirección del esfuerzo aplicado. De esta forma, la birrefrigencia ofrece una técnica para evaluar los esfuerzos residuales debido a los tratamientos térmicos del vidrio, en nuestro caso debido al tratamiento que sufre la banda del vdrio al ser estirada en la máquina Fourcault.

Boris Daragan[11] en su artículo "The Annealing Of Flat Glass" nos habla de la birrefrigencia. El hace un estudio de la birrefrigencia inducido durante el enfriamiento como una función de: a) El espesor de la muestra, b) el tiempo de estabilización de la temperatura, c) la temperatura de estabilización , y d) la razón de enfriamiento.

En la serie de estudios que realizó daragán tomo tres muestras de 31x54x2,5 milímetros, 31x54x5 milímetros y 31x54x10 milímetros. La temperatura de estabilización las limitó a 530 grados centígrados y 510 grados centígrados; las razones de enfriamiento fueron 5 grados centígrados por minuto y 18 grados centígrados por minuto; enfriamiento en aire; el tiempo de estabilización fue 30, 35, 300 minutos a 530 grados centígrados y 20, 50, 900 minutos a 510 grados centígrados.

El experimento se realizó como se describe a continuación: cada experimento comprende un tratamiento con calor y un proceso de enfriamiento, esto se realizó simultaneamente en las tres muestras.

Las muestras fueron colocadas sobre un soporte separadas un centímetro. El soporte estaba en contacto con el vidrio únicamente en unos pocos puntos. Este conjunto fue introducido a un horno tubular que tiene una longitud de ocho centímetros con una zona de temperature uniforme. La temperatura se elevó hasta 600 grados centígrados y mantenido en este valor por 20 minutos. La temperatura fue medida por medio de una termocupla conectada al centro de la muestra. Entonces, la temperatura fue bajada hasta la temperatura de estabilización seleccionada a la misma razón que la razón de enfriamiento final a usarse.

Como ejemplo uno de los ciclos fue: 600 grados centígrados por 20 minutos, enfriamiento a razón de 5 grados centígrados por minuto, hasta 530 grados centígrados, estabilización por 35 minutos; enfriamiento final a razón de 5 grados por minuto.

Las conclusiones importantes de esta serie de experimentos fueron:

1) La influencia del espesor. La ley clásica de acuerdo con la cual

la birrefrigencia es proporcional al cuadrado de la mitad del espesor fue verificada en únicamente dos casos: a) enfriamiento en aire desde 600 grados centígrados y b) enfriamiento en aire desde 530 grados centígrados después de 900 minutos de estabilización.

2) La influencia de la razón de enfriamiento. En algunos casos el enfriamiento rápido daba como resultado una menor birrefrigencia que el enfriamiento lento. En otros casos la variación de la razón de enfriamiento no causaba apreciables diferencias en la birrefrigencia. Este hecho experimental no puede ser explicado por la teoría clásica que dice que la berrifrigencia se incrementa con la razón de enfriamiento.

Sin embargo, el concepto estructural prevee, a priori, la posibilidad de obtener una menor birrefrigencia para una rápida razón de enfriamiento que para una razón más lenta.

Usando mecanismos especiales, es posible observar la disminución de esfuerzos en una piedza de vidrio que se la mantiene en un horno a una temperatura constante en la región de recocido "Annealing Region", la diferencia de trayectoria óptica, δ , ha sido calculada por Adams y Williamson[10], y decrece de acuerdo con:

$$\frac{1}{\delta} - \frac{1}{\delta_0} = A!t \qquad \text{(VI-a)}$$

Donde At = A/l y δ_o es la diferencia de trayectoria inicial. A es una constante y l es la longitud de la trayectoria óptica. Puesto que $\delta = \Delta$ nl, donde Δ n es la birrefrigencia. La ecuación se transforma:

$$\frac{1}{\Delta n} - \frac{1}{\Delta n_o} = At \qquad \text{(VI-b)}$$

Si el esfuerzo inicial es al menos varias veces el esfuerzo final, el término $1/\Delta n_o$ puede ser despreciado y la ecuación queda:

$$\frac{1}{\Delta n} = At \qquad \text{(VI-c)}$$

La constante A es una función de la temperatura, T, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Log } A = M_1 T - M_2 \qquad \text{(VI-d)}$$

donde M_1 y M_2 son constantes. Para vidrios ordinarios planos, las constantes valen : $M_1 = 0{,}029$ y $M_2 = 17{,}35$, donde T está en grados centígrados.

Adams[12] ha encontrado que para obtener una temperatura de recocido adecuada, "annealing temperature", en el vidrio plano y de ventanas, la constante A vale:

$$A = \frac{1}{260\ a^2} \qquad \text{(VI-e)}$$

donde 2a es el espesor del vidrio en centímetros.

Por lo tanto el vidrio debe ser estabilizado en la temperatura de recocido, annealing temperature", por un tiempo dado por:

$$ta = \frac{520\ a^2}{(\Delta n)_s} \qquad \text{(VI-f)}$$

Después de mantener el vidrio por ta minutos a esa temperatura, el vidrio es enfriado con una razón inicial de enfriamiento dado por:

$$R = \frac{(\Delta n)_s}{13\ a^2} \qquad \text{(VI-g)}$$

La experiencia ha demostrado que una deformación de 10 milimicrones por centímetro es satisfactoria.

Par obtener una idea completa de las diferentes zonas por la que „traviesa el vidrio al ser calentado, se reproduce la figura Nº 5 en la que está ploteada la temperatura y la viscosidad para diferentes tipos de vidrios.

A continuación se describe el aparato original de Fourcault. El diagrama del mismo está dado en la figura Nº6_ El vidrio se funde, en la cámara de fundición A del Horno. El vidrio fundido pasa hasta un compartimento o pozo E, desde el cual el vidrio es estirado. A través del centro E hay dos cortinas D, entre las cuales se sitúa la proveedora o "debiteuse" T, Sobre el debiteuse se coloca la máquina de estirar fourcault; torres rectangulares de hojas de hierro de varios metros de alto, en las cuales se colocan rodillos de asbesto en pares. La rotación de estos rodillos sirve para estirar la hoja de vidrio ya formada en el debiteuse. El primer par de rodillos está situado aun metro de la superficie del vidrio. La rotación de los rodillos se logra mediante un sistem de engranajes accionados por un motor eléctrico. Las hojas invlinadas S, sirven para prevenir la radiación de calor y recibir los pedazos de material roto que se obtiene al efectuar el corte. Los engranajes dan una razón de movimiento desde 4 a 10 metros por hora. El espesor de la banda depende de la velocidad conque se estire la banda. Por razones explicadas anteriormente la temperautra del pozo se la mantiene entre 500 y 600 grados centígrados.

En la fabricación del vidrio plano para ventanas se emplea la arena como materia vitrificable; el óxido de sodio

Fig. 5.- Curvas viscosidad-temperatura. La temperatura a la cual el movimiento gráfico es suficiente para permitir la liberación de esfuerzos en 15 minutos, se llama la "Annealing Temperature". Esta corresponde a la viscosidad de 10^{13} poises.

(Figura tomada de Lawrence H. Van Vlack, Physical Ceramics for Engineers.)

La Kefarma-Quil 36 66 08

XERO COPY

es introducido, en parte, en forma de sulfato, el resto, como carbonato. La cal procede de la caliza; pero cuando se quiere introducir óxido de magnesio, MgO, se prefiere la dolomita, $CO_3Mg.CO_3Ca$.

Estas diversas materias deben estar exentas, sobre todo, de hierro; aunque se tolera indicios de este elemento.

La composición de los vidrios de ventanas depende del procedimiento empleado en la fabricación. El vidrio de ventana obtenido por el proceso fourcault tiene la siguiente composición química:

SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	SO_2
71,25 %	0,65 %	9,90 %	2,40 %	14,90 %	0,70 %

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
1959
GUAYAQUIL
BIBLIOTECA

VII. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL HORNO DE FUNDIR VIDRIO.- En esta sección se describirá los elementos de que está formado un horno de fundir vidrio y los accesorios de la estructura.

Fundación.- A menudo es necesario apoyar la manpostería de las cámaras, columnas que soportan la estructura del horno, las válvulas y condustos de gases sobre cimientos de concreto. Además es necesario proveer los huecos necesarios para recibir los pilares de enclaje para las cámaras. De esta forma se asegura la estabilidad y tiene la ventaja de que no es necesario usar varillas de anclaje en la parte inferior, las cuales son difíciles de reemplazar cuando se deterioran. El convreto es reforzado en el punto de anclaje con varillas de acero, y si la naturaleza del suelo lo requiere se colocan varillas de acero en todo el cimiento. El espesor del cimiento varía con la carga que a de soportar: por ejemplo un pie para cámaras y 4 pulgadas para los conductos y las válvulas. La impermiabilización es fácilmente lograda con una capa de asfalto vaciada sobre él y luego cubierto con una capa de ladrillo común.

Conductos.- Los conductos de gases son simples piezas de construcción. Ellos son frecuentemente recubiertos con tierra después de que han sido construídos; si ellos permanecen expuestos a la interperie pueden ser reforzados con varillas de anclaje, especialmente si son arqueados. El arco completo es rarns veces usado; cuando existen estos casos la manpostería sometida a elevadas temperaturas debe ser protejida debido a que puede ser destruída. Los conductos de pocos tamaños deben ser protejidos con láminas.

VALVULAS DE INVERSION.- Las válvulas de inversión son utilizadas para proveer comunicación con las cámarns: ya sea con la chimínea, ya sea con los conductos de los gases que deben ser regenerados.

Entre las principales válvulas usadas tenemos' para aire la Butterfly, la Dixon' para gas la válvula de tambor y la Porter.

REGENERADORES.- Las cámaras de los regeneradores son diseñadas para utilizar el calor sensible de los gases de la combustión para el calentamiento del aire y así ayudar a obtener una temperatura de llama más elevada. De esta forma la diferencia de temperaturas entre la llama y la materia prima fundida del vidrio se incrementa grandemente; y, también las pérdidas de calor por la chimenea son reducidas ampliamente.

Las cámaras de aire funcionan alternativamente como chimeneas de tiro natural, suministrando el aire secundario(aire para la combustión), obviando usualmente la necesidad de sopladores y tiro forzado.

Las inversiones del aire en los regeneradores son hechas, generalmente, cada media hora. En ciertos hornos las inversiones son hechas más frecuentemente obteniéndose así las máximas temperaturas.

La regeneración del calor no solamente se logra, en las cámaras regenerativas sino por los quemadores y la inversión de los gases quemados, es decir los gases que se encuentran entre el mecanismo de inversión y el pie de las cámaras. La parte más importante de los regeneradores está en enladrillado jaquelado "checker". Para que el enladrillado sea de eficiencia óptima, el gas debe seguir una trayectória larga, y que los espacios entre los ladrillos sea lo más uniforme posible. Es conveniente evitar las esquinas muertas donde la superficie caliente no es utilizada. Ordinariamente los enladrillados jaquelados del regenerador son construídos de ladrillos refractarios de dimensiones standard; siendo los conductos alternativamente longitudinales y transversales.

La eficiencia lograda en la regeneración es generalmente del 16 por ciento.

Hay varias clases de arreglos de los

conductos del enladrillado jaquelado. En los arreglos más usuales los gases pueden atravesar la cámara en una sola dirección , o pueden ser obligados a seguir una trayectoria que regresen a si mismo.

En 1916 Fourcault construyó cámaras de regeneración separadas para cada quemador, el cual permite un reemplazo individual de los enladrillados durante la operación del horno.

Los ladrillos para el enladrillado jaquelado son generalmente de 9 x 4,5 x 2,5 pulgadas en América. De acuerdo con la investigación del Departamento de combustibles en Dusseldorf, el espesor usual, suponiendo que la inversión se hace cada media hora, no excedió de 1,5 a 2 pulgadas. El centro del ladrillo muy grueso no participa de la transferencia de calor; por otra parte el ladrillo muy delgado sería frágil y no aseguraría la estabilidad del enladrillado; por lo tanto es aconsejado no bajarse de las 2,5 pulgadas de espesor.

BASE DEL HORNO.- La estructura baja ha soportado un número de modificaciones en su diseño y también en los materiales usados en su construcción. Originalmente el horno descansaba sobre las cámaras regenerativas. Algunas inconveniencias resultaron de este arreglo; entre las principales la corrosión del fondo del horno era notoria debido a que no era enfriado; obstrucción de las cámaras por fugas accidentales de vidrio; flotación de los bloques y complicaciones en las uniones de la cámara y los pilares verticales.

Un notable adelanto se hizo cuando las cámaras se construyeron a los lados del horno. Por lo tanto para soportar el horno, se ha construído arcos de albañilería que tienen por ejemplo un espesor de 18 pulgadas. De esta forma ha sido posible obtener enfriamiento natural del fondo. Recientemente esos arcos han sido reeplazados por vigas de acero de 6 pulgadas de profundidad que descansan sobre dos o tres vigas maestras que son vigas en I de unos 16 pulgadas de profundidad; estas vigas maestras descansan sobre

pilares de albañilería.

En los Estados Unidos se usan para la base del horno vigas en I de 6 pulgadas separadas una a una por una distancia de 10 pulgadas; las vigas son liadas mediante varillas de hierro de una pulgada de diámetro separadas unas 5 pulgadas una de otra.

Los bloques del fondo del horno son de 12 a 14 pulgadas de espesor, 3 pies de largo y 16 pulgadas de ancho. Los bloques del fondo están simplemente apoyados y colocados juntos sin mortero de ninguna clase. Para materiales de buena calidad es necesario separar las uniones unos pocos centímetros para permitir la expansión térmica. Las contracciones pueden ser extremas, y suceden en las paredes del horno y se deben a materiales de baja calidad. Incorrectas tolerancias para la contracción y expansión son la causa de accidentes en el horno.

Los bloques de las paredes de lado del horno tienen generalmente una altura de 12 pulgadas y la longitud alrededor de 20 a 28 pulgadas. Ellos están colocados con las uniones alternadas. La presión del vidrio sobre las paredes de los lados del horno es transmitida a los pilares verticales a través de un sistema de piezas simples fácilmente desmontables.

Evidentemente ninguna reparación en caliente en las paredes es posible. Cuando se usan flotadores en el horno se deben proveer los descansos necesarios en las paredes longitudinales del horno para mantener los flotadores en su puesto.

FLOTADORES.- Las razones básicas para el uso de los flotadores son las corrientes de convección.

El punto más importante de los flotadores es la profundidad de inmersión. Esta profundidad depende de las corrientes La inmersión debe ser mayor para elevadas temperaturas. Mayor inmersión de los flotadores mejor es la calidad del vidrio, a constante operación.

La producción puede ser aumentada, aumentando la inmersión permaneciendo incambiable la calidad del vidrio.

La efectividad de los flotadores es muy relativa. En los hornos FOURCAULT, operados normalmente, se puede observar sobre el flotador, una superficie espejo libre de escoria. Si por cualquier razón (carga excesiva del horno o desplazamiento térmico del flotador) el espejo desaparece, las impurezas caen dentro de la superficie de trabajo a pesar de los flotadores.

La compuerta fija tiende más a reemplazar a los flotadores en hornos pequeños. En su forma sencilla usada en hornos de vidrio plano y vidrios solubles, consiste en una pared atravesada por una garganta. Esta pared es refrigerada por tuberías de agua localizadas hacia el lado caliente de la pared. La garganta puede ser colocada a varias profundidades. Sobre la pared fija es arreglada una pared refractaria con muchas aberturas.

Esta posibilidad de usar pared fija tiene enormes ventajas sobre los flotadores. La cámara de enfriamiento se reduce a un mínimo lo cual trae una mejora en la eficiencia por unidad de área de la superficie total. La garganta siendo colocada auna profundidad adecuada, permite un tiraje de vidrio de calidad óptima. La cámara de trabajo es resguardada totalmente de la zona de combustión; lo cual es útil para reducir las corrientes de convección.

CARGA DEL HORNO.- La carga del horno puede ser realizada de diferentes maneras. De acuerdo con el método será necesario proveer una fuente o "Dog House". La fuente suele tener dimensiones relativamente grandes (3 x 6 pies) y es preferible colocarla en la parte delantera de la cámara de fundición

Los "dog house" son más pequeños y están convenientemente situados en la pared delantera o en las paredes de los lados (como sucede en los hornos con fuego en los extremos).

la hornada puede ser empujada en la parte que es más fuertemente calentada por el fuego. De acuerdo con el tamaño del horno será necesario una o dos aberturas para efectuar la carga.

ENFRIAMIENTO DE LOS BLOQUES DEL HORNO.- El fondo del horno debe ser enfriado para prevenir fugas de vidrio a través de las uniones de los bloques. Si el enfriamiento es despreciado el vidrio puede entrar debajo el bloque flotarlo y causar la elevación de la superficie del fondo del horno. Como se ve éste es un serio accidente. El problema es de particular importancia para hornos de poca profundidad y de operación variable.

El ataque térmico y químico sobre los bloques del fondo resulta menos activo aún sin enfriamiento.

En Alemania el fondo de hornos periódicos son ventilados por medio de canales de 10 a 12 pulgadas de profundidad. El aire es halado por medio de chimeneas o por medio de pequeñas chimeneas de hojas de hierro. Es aconsejable conectarla con la chimenea principal porque de esta forma se reducirá la temperatura de los gases salientes.La dirección de los canales, para mejor operación, parece ser la de perpendicular con el eje mayor del horno y unir los canales de dos endos o tres, cada grupo debe ser unido a la chimenea mayor.

Para hornos contínuos, es mejor construir el fondo libre; de esta forma se tiene ventilación natural, y el aire caliente escapa por los lados hacia arriba.

El enfriamiento de los bloques de las paredes laterales ha llegado a ser objeto de controversias. Este problema parece seguir todavía sin solución. El enfriamiento cuando es eficaz tiene el efecto de acelerar las corrientes transversales y así perder una parte de su efecto útil. Cuando el bloque es de dimensiones normales, del orden de 8 pulgadas de espesor, el enfriamiento de la superficie no es de interés, el descenso de la temperatura entre la

superficie de contacto y el vidrio es prácticamente nulo. Una corriente de aire muy intensa dirigida sobre un bloque de 2 pulgadas de espesor puede llegar a endurecer el vidrio. Sin embargo, cuando los bloques son extremadamente delgados es de valor enfriarlos, y sobre todo, dirigir el aire a las uniones, las cuales se agrandan peligrosamente. Para este propósito se instalan toberas que apunten directamente a las uniones, de tal manera que la alta velocidad del aire obligue a éste a escapar libremente después de estar en contacto con el vidrio. Si el aire es entrampado se produce una contra presión que impide la llegada de aire fresco nuevo.

El valor del enfriamiento de las uniones es bastante relativo, porque la corrosión térmica o química se pone de manifiesto casi exclusivamente en la vecindad de las uniones y grietas (aunque sean de tamaño capilar). Frecuentemente se encuentra que la corrosión en las uniones horizontales remueven más material que aquellas de las uniones verticales.

En el presente tiempo ha sido utilizado, casi exclusivamente, aire o agua para el enfriamiento de la superficie de los bloques. El aire puede ser dirigido por medio de toberas o por tiraje efectuado longitudinalmente entre el plato de hojas de hierro y la pared del tanque. El consumo de aire sería de 40 a 80 pies cúbicos por minuto y por pared del horno (metro de recorrido). El agua no puede ser dirigida en contacto con el refractario sin desintegración de él. Las hojas de hierro deberían ser colocadas sobre la pared caliente. Este proceso requiere gran consumo de agua y es además difícil de realizar; necesitando los bloques contínua observación. Se ha establecido que el enfriamiento del horno permite aumentar la operación del horno.

PROFUNDIDAD DEL VIDRIO EN EL HORNO.- Los tanques periódicos tienen una profundidad, usualmente, de 26 a 34 pulgadas. Los hornos contínuos

son frecuentemente de 42 a 48 pulgadas de profundidad. Unas pocas unidades bajan de 32 pulgadas. Hornos para Vidrios de Ventanas tienen una profundidad entre 48 y 60 pulgadas. Hornos recientemente construídos por FOURCAULT y Libbey Owens, son bastante profundos. El descubrimiento del efecto de las corrientes de convección en la fundición del vidrio ha permitido sugerir que la profundidad sea reducida. La tendencia moderna no parece estar encaminada hacia esta dirección.

CAMARA DE COMBUSTION.- Las paredes montantes son las paredes laterales límites de la cámara de combustión. Ellas están formadas por sucesión de pilares, por las lumbreras y quemadores, o por mampostería sólida en las cuales varios huecos de observación se colocan.

Commmente esta parte de la construcción es independiente del tanque donde se encuentra el vidrio, y descansa sobre ménsulas las cuales son especialmente diseñadas para soportar las paredes montantes. Ocacionalmente ellas descansan sobre la hilera superior de la pared del tanque del horno; como en el caso de hornos periódicos.

Para hornos con flotadores, se ha previsto en la pared montante una abertura de gran área para la introducción de estas piezas o de otros accesorios.

Las paredes montantes de la cámara de trabajo son atravesadas por un gran número de aberturas que son estrictamente necesarias para el trabajo.

La pared final o posterior de la cámara de recolección pueden ser encontradas una o dos aberturas para cargar, o para quemadores, y casi siempre se encuentran abertura pata observación, las cuales permiten observar la fundición y las características del fuego. Esta mampostería es independiente, y no es mecanicamente atada a otra, excepto para solidaridad se usan varillas.

CORONAS.- Las coronas del horno son construídas de varias formas, de las cuales unas pocas son recomendables.

LUMBRERAS.- Las lumbreras son construídas de mampostería, diseñadas para permitir la mezcla del aire y el gas para luego introducirlo en el horno y determinar la forma y dirección de la llama. En Hornos regenerativos, como el de la presente instalación, sirven para llevar los productos de la combustión desde el horno hasta las cámaras regenerativas.

QUEMADORES DE PETROLEO.- El petróleo grueso debe ser atomizado antes de la combustión para permitir mezclarse íntimamente con el aire, de otro modo no se efectúa la combustión completa. En la industria hay una tendencia a usar petróleo grueso, por ser más económico. Los quemadores adecuadamente diseñados pueden adaptarse a petróleos de diferentes densidades y viscosidades.

Hay muchos tipos de quemadores de petróleo los cuales pueden ser clasificados en cuatro categorías de acuerdo con el método de atomización: Vaporización, atomización por arrastre, por presión del residuo, por dispersión centrífuga. La atomización por arrastre se usa casi frecuentemente en los hornos de vidrio.

El mecanismo es simple, el residuo es traído por simple gravedad o bajo presión en la tubería central, la corriente diminuta la cual fluye desde el orificio terminal es dividida, rota, y atomizada por un chorro de aire o vapor admitida por una tubería concéntrica exteriormente a la tubería central. El cono de combustible así mezclado se quema en la lumbrera y lleva con él el aire secundario necesario para que se efectúe una combustión completa. Muy a menudo el extremo de las toberas que llevan el petróleo y el aire son arregladas de tal manera que el aire o vapor ataca tangencialmente, dándole antes de salir del quemador una velocidad en movimiento giratorio.

Estos quemadores funcionan bien con vapor o con aire comprimido. La llama en el caso del aire es más caliente; por lo tanto el aire comprimido es más favorable.

Los quemadores construídos especialmente para aire comprimido difieren de acuerdo con la presión empleada. Bajas presiones, de 10 a 24 pulgadas de agua se obtienen con ventiladores; presiones medias de 60 a 200 pulgadas de agua requieren el uso de ventiladores especiales o compresores. Solamente los compresores son capaces de suministrar altas presiones: 30 a 65 libras por pulgada cuadrada.

DESAGUE DE LOS HORNOS.- Antes de que un horno sea sacado del servicio es necesario vaciarlo parcialmente, aún que su vida útil haya sido relativamente corta. Muy a menudo los bloques usados necesitan ser reemplazados. Esta operación es un poco tediosa. Es prácticamente imposible producir vidrio de buena calidad en un espacio de tiempo razonable cuando se pone fuego en un horno que tiene vidrio

El vidrio sacado no significa pérdida, puesto que él forma la primera clase de desperdicios; por lo tanto debe conservarse limpio. Por esta razón se dispone generalmte, cerca del horno, un recipiente llamado tanque de desagüe, capaz de contener toda la masa de vidrio de buena calidad contenida en el horno de fundición. Esta estructura es simple y puede ser construída de materiales de buena calidad, por estar sujeto a trabajo pesado. Las superficies interiores deben ser lisas. Antes que el vidrio sea drenado la mampostería es protegida hasta una altura alrededor de 2o pulgadas, cubriéndola con arena el interior de la pared. Se introduce agua llenando hasta un tercio de su profundidad para enfriar el vidrio, siendo esta la forma más fácil para sacar el vidrio. Es siempre preferible darle al reservorio más área que profundidad.

AGUJEROS DE VACIADO.- en la preparación del vaciado de un tanque al fin de una operación, es bueno proveer en la pared del horno varios agujeros. Estos son de forma trapezoidal con el extremo más ancho hacia el interior del tanque.

Los agujeros de vaciado están tapados mediante tapones hechos generalmente de dos piezas. Cuando la pared del tanque debe ser perforada, el tapón es roto, y cuando el vidrio comienza a fluir, los fragmento que permanecen en el agujero son removidos con la ayuda de una varrilla de acero.

Un canal es necesario para que conecte el horno con el tanque de desagüe. Esta estructura acsesoria es, generalmente, construída a un tiempo conveniente; sin embargo de lo puede construir para que sea permanente, y así poderlo usar en cualquier eventualidad. Durante el vaciado, el canal es cubierto con hierro corrugado, sobre el cual corre agua, lo que sirve para la protección de las estructuras adyacentes. Las paredes laterales están aseguradas mediante estructura de acero.

El canal requiere una pendiente empinada, porque el vidrio se endurece rápidamente al fluir hacia afuera al tomar contacto con las paredes; despues de cierto tiempo el vidrio fluye por el interior de la masa.

CHIMENEA.- Por lo general, los hornos pequeños deben el tiro fundamentalmente a la acción de una chimenea. Las chimeneas se suelen construir de ladrillo, hormigón o acero. Por economía, las chimeneas cortas suelen ser de acero. Debe tenerse mucho cuidado que las chimeneas sean firmemente ancladas y con suficiente arriostamiento para repartir, adecuadamente, el peso y el empuje del viento. El empuje del viento debe tenerse muy presente debido a que influye en la estabilidad y resistencia de la chimenea. Aquí en guayaquil donde no se registran grandes vientos, el empuje es bajo; pero en zonas altamente ventosas debe tomarse una velocidad del viento por lomenos de 125 kilómetros por hora.

G. A. Gaffert[13] dice que deben tenerse encuenta los siguientes factores al proyectar una chimenea:

1) Lo costoso que resulta sobrepasar los 60 metros de altura.
2) El revestimiento adecuado de ladrillo en la parte interior.
3) Una corona o zuncho en la coronación para impedir grietas y roturas.
4) Disyuntores de vacío en la parte superior de la chimenea (ladrillo u hormigón)
5) Escala de seguridad para la coronación.
6) Pararrayos.
7) Luces de aviación; alumbrado con proyectores en tres puntos, si es necesario.
8) Facilidad de limpieza manual o neumática.
9) Fundación acentada y firme.

Una chimenea en su forma más sencilla es un conducto largo que se eleva verticalmente, puede tener forma cilíndrica u otra cualesquiera dependiendo del rendimiento de la misma, que sirve para evacuar los gases de la combustión a una altura conveniente para su dispersión y disolución, evitando, de esta forma, la contaminación nociva del aire respirable de la ciudad o del campo, y la interferencia en la navegación aérea. Una de las funciones principales, y en realidad la más importante, de la chimenea de tiro natural es proveer el suficiente tiro para desalojar los productos de la combustión. Las chimeneas pueden ser de tiro natural y de tiro forzado o una combinación de ambas.

TIRO.- El tiro es un término, generalmente, usado para designar una presión estática en un horno, conducto, o chimenea.

El tiro en una chimenea es causado por la diferencia entre el peso del volumen de gases calientes dentro de la chimenea y el peso del aire fuera de ella. Es claro que mientras más alta sea la chimenea, mayor será la diferencia entre estos pesos.

La fuerza o intensidad del tiro es incrementada, y tiro adicional se induce, por la fuerza del viento al pasar por el tope de la chimenea. La intensidad del tiro puede ser medida por medio de un medidor de tiro. El instrumento más satisfactorio de esta clase de aparatos es el "Hamos Differential". En la actualidad se tienen aparatos modernos para este fin.

A medida que se incrementa la altura de la chimenea se incrementa considerablemente la razón de combustión. Pero las chimeneas muy altas son demasiado costosas; por esta razón se suele usar varias de tamaño menor en lugar de una sola.

Por medio del tiro forzado, la razón de combustión puede ser aumentada notablemente bajo condiciones muy favorables.

TIRO FORZADO.- Cuando el aire o los productos de la combustión son obligados a fluir para mantener una presión sobre la atmosférica, se dice que el sistema es de tiro forzado. Los ventiladores que efectúan esta operación se denominan ventiladores de tiro forzado.

TIRO INDUCIDO.- Cuando el aire o los productos de la combustión son obligados a fluir a o través de una unidad manteniéndola a un incremento progresivo de presión subatmosférica, se dice que el sistema está bajo tiro inducido.. Esta condición se logra solamente mediante chimeneas, las cuales suministran el llamado tiro natural para bajas presiones diferenciales, o por medio de ventiladores, conocidos como ventiladores de tiro inducido, donde se requiere esta succión.

La altura y el diámetro de una chimenea requeridas para obtener un tiro natural dependen:

1) Pérdidas de tiro en el horno desde el punto en que el tiro es cero o está balanceado hasta la entrada de la chimenea.

2) Promedio de la temperatura de los gases que circulan por la chimenea y la temperatura del aire que lo roden.

3) La cantidad de gases que transporta la chimenea

4) La presión barométrica, la cual está sustancialmente influenciada por la altitud, como queda demostrado en la tabla Nº 5.

Estos factores enunciados anteriormente, no cubren los muchos otros que están lejos de nuestras consideraciones y que influyen notablemente en el cálculo de las dimensiones de la chimenea. De todos modos para propósitos prácticos es suficiente tener encuenta estos factores enunciados anteriormente:temperatura del aire que roden la chimenea y temperatura de los gases en la entrada de la chimenea; caida de temperatura de los gases dentro de la chimenea debido a las pérdidas de calor a la atmósfera y a la infiltmación del aire; y las pérdidas de flujo debido a la fricción y las pérdidas de salida.

TIRO TEORICO DE LA CHIMENEA.- La succión que se produce en la base de la chimenea sin pérdidas de ninguna clase de flujo, es el tiro teórico de la chimenea. Es el resultado de la diferencia entre el peso específico del aire atmosférico que roden la chimea y el de los gases dentro de la misma.

A continuación se reducen se resumen fórmulas para el cálculo de tiro de una chimenea. Estas fórmulas son tomadas del libro "Steam Its Generation And Use", The Babcock and Wilcox Company.

$$\text{Tiro de la chimenea} = 0{,}192\ L\ (\gamma_a - \gamma_g) \qquad \text{(VII-1)}$$

Donde el factor 0,192 se deduce de que la presión de una libra por pie cuadrado es equivalente a 0,192 pulgadas de agua.

Puesto que el peso por pie cúbico de aire (gas) varía inversamente con la temperatura absoluta, la ecuación puede ser escrita:

TABLA Nº 5

PRESION BAROMETRICA

Pies sobre el nivel del mar	Presión pulgadas de mercurio
0	29,92
1000	28,86
2000	27,82
3000	26,81
4000	25,84
5000	24,89
6000	23,98
7000	23,09
8000	22,22
9000	21,38
10000	20,58

Valores tomados del Boletín Nº 110, 1952, Air Moving and Conditioning Association, Inc.

$$\text{Tiro de la chimenea} = 0{,}52Lp\left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_g}\right) \qquad \text{(VII-2)}$$

Donde:

Tiro de la chimenea = Tiro inducido, pulgadas de agua

L = Altura de la chimenea

γ_a = Peso específico del aire exterior, libras por pie cúbico

γ_g = Peso específico de los gases de la chimenea, libras por pie cúbico

Ta = Temperatura absoluta del aire exterior

Tg = Promedio de temperatura absoluta de los gases de la chimenea.

Debido a que la presión atmósférica, o barométrica, usualmente se encuentra en las tablas en pulgadas de mercurio, las fórmulas del tiro de las chimeneas pueden ser escritas:

$$\text{Tiro de la chimenea} = 0{,}256Lp'\left(\frac{1}{Ta} - \frac{1}{Tg}\right) \text{ pulgadas de agua} \qquad \text{(VII-3)}$$

Donde p'es la presión atmosférica en pulgadas de mercurio.

En las ffmulas (VII-2) y (VII-3) como una simplificación el peso específico del aire y el peso específico de los gases de la combustión se toman como iguales a la misma temperatura, sin error apreciable.

Para los cálculos la temperatura a usarse es el promedio de las temperaturas de entrada y salida de la chimenea. La temperatura de la salida de la chimenea no es la misma de la entrad$_a$ de los gases debido a que hay pérdidas a través de la chimenea y debido a la entrada del aire exterior que está a una temperatura más baja. Las pérdidas de temperatura dependen del tipo de chimenea, altura, diámetro, y a un gran número de variables que son influenciadas por la atmosféra exterior. El cambio aproximado de temperatura para la chimenea está indicado por las curvas de la figura Nº 6.

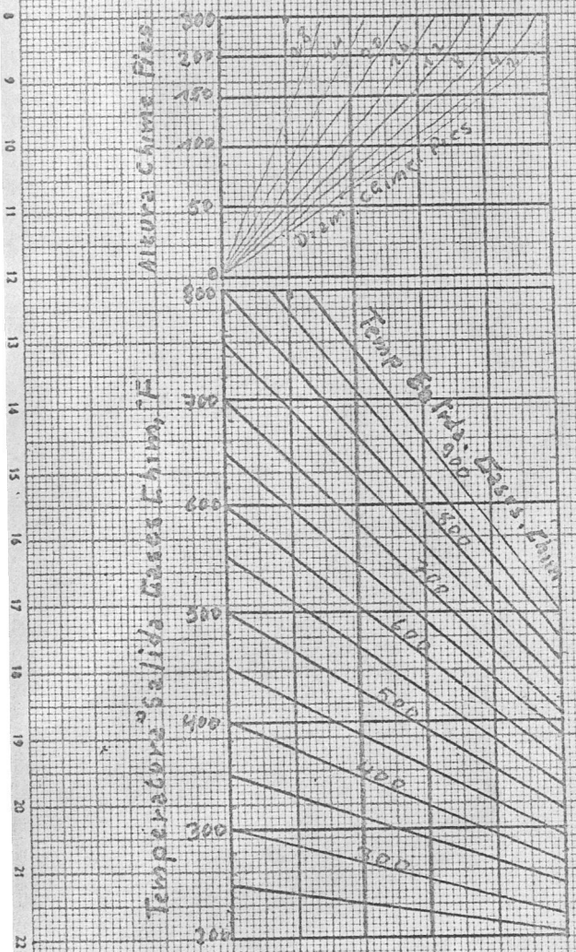


Figura 6. Relaciones aproximadas entre la temperatura de salida de los gases de la chimenea y las dimensiones de la misma.

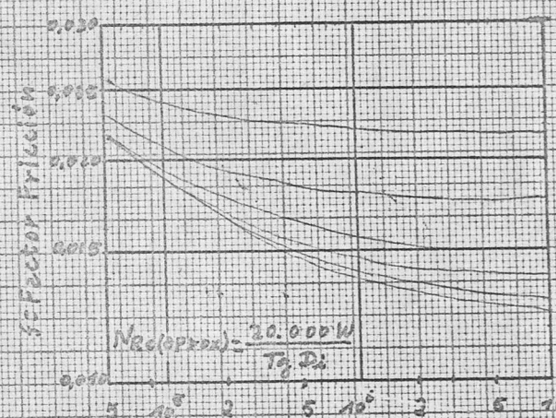


Fig. 7. Número de Reynolds, factor de fricción, f_s, relacionados al número de Reynolds, y el diámetro de la chimenea, para uso en la ecuaciones (2), (5).

BIBLIOTECA

Al pasar los gases por la chimenea, ésta ofrece una resistencia debido al rozamiento, lo que ocaciona pérdidas de tiro y también pérdidas en la salida. Las pérdidas debido a la fricción del flujo de gases puede ser determinada por el primer término de la ecuación (VII-4) El segundo término de la fórmula representa las pérdidas de salida. Evidentemente, el tiro inducido disponible es la diferencia entre el tiro teórico determinado por la fórmula de tiro y las pérdidas en la propia chimenea. Las pérdidas debido a la fricción son pequeñas.

$$\text{Pérdidas en la chimenea} = 0{,}0942 f T_g \frac{L}{Di^5}\left(\frac{w}{100.000}\right)^2 + \frac{0{,}0942 T_g}{Di^4}\left(\frac{w}{100.000}\right) \qquad \text{(VII-4)}$$

$$\text{Pérdidas en la chimenea} = 0{,}0942 \frac{T_g}{Di^4}\left(\frac{w}{100.000}\right)^2 \left(\frac{fL}{Di} + 1\right) \qquad \text{(VII-5)}$$

Donde:

Pérdidas en la chimenea medida en pulgadas de agua

w = peso del flujo de gases

Di = diámetro interno de la chimenea, pies

L = altura de la chimenea sobre la entrada del gas, pies

f = factor de fricción obtenido de la figura Nº 7

Tg = temperatura promedio de los gases en la chimenea, absoluta.

El tiro disponeble es igual a la diferencia del tiro calculado por la ecuación VII-3 menos las pérdidas calculadas por la ecuación VII-5. Las pérdidas totales de la chimenea es menor del 5 por ciento del tiro calculado. Las pérdidas de salida son mayore que las de fricción, en orden de 3 a 7 veces, dependiendo del diámetro y altura de la chimenea.

VIII.- APARATOS DE CONTROL DE UN HORNO DE HACER VIDRIO.

CONTROL DE TEMPERATURAS.- El pirómetro es el aparato para control de temperaturas, más importante. Permite reducir el tiempo de fundición, economizar combustible, estabilizar la calidad del producto, y reducir la corrosión del horno. La determinación de la temperatura demanda conocimiento y cuidado; en igual forma la interpretación de los resultados requieren experiencia. No está demás puntualizar que la selección adecuada de los instrumentos, su colocación y el carácter general de la instalación es de mayor importancia. Un buen pirómetro, mal ajustado, puede llevar a serios errores en la interpretación de la temperatura.

Un aparato de medida de temperatura de buena calidad puede dar indicaciones erroneas por las siguientes razones: 1)el punto cuya temperatura está siendo medida cambia debida a la presencia del instrumento en si mismo; 2) este último instrumento cambia exteriormente de calor rápidamente - por radiación, convección, y conducción - con cuerpos extraños en el lugar de medida. Estas dificultades son notables cuando se trata de determinar la temperaturas de cuerpos sólidos los cuales no están incandescente, o de corrientes de gases. La estimación de la temperatura cuando está cambiando rápidamente es muy difícil debido a la inercia de los instrumentos.

Los termómetros eléctricos son muy convenientes. Ellos pueden ser leídos a distancia y registrar temperaturas a intervalos cercanos. Se pueden distinguir dos tipos: termómetro de resistencia que depende del incremento de la resistencia eléctrica de un alambre de metal a medida que se incrementa la temperatura, y la termocupla la cual utiliza la fuerza electromotriz enviada por la diferencia de temperaturas entre las uniones de un circuito metálico heterogéneo.

Termómetros de Resistencia.- Estos aparatos son muy exactos sobre los

600 grados centígrados. Entre 0 y 100 grados centígrados la resistencia óhmica del platino se incrementa en un 40 por ciento. La fuerza electromotriz de la batería seca no es absolutamente constante, los galvanómetros han sido construídos con dos bobinas cruzadas, una en serie con la resistencia constante, y otra con el alambre de platino. La fuerza electromotriz es aplicada simultáneamente a los dos circuito, y la desviación o lectura del galvanómetro es una función de la razón de corriente. En la práctica, la resistencia de las uniones es despreciable, si aquella excede 25 ohmios.

Pirómetros termo-eléctricos.- Las termocuplas fueron introducidas en la práctica por Le Chatelier en 1887, su precisión no es muy grande bajo los 600 grados centígrados. La fuerza electromotriz es muy pequeña, especialmente para los elementos de platino.

Las uniones frías deben ser mantenidas a una temperatura constante. Cada uno de los alambres pueden ser homogéneos, y la corriente debe ser muy pequeña, para evitar el efecto Peltier. Las termocuplas, como termómetros de resistencia, pueden ser colocados en puntos en los cuales seanmuy accesibles, donde la lectura y registración se hagan fácilmente. Su costo no es excesivo.

Varias termocuplas pueden ser conectadas a un mismo galvanómetro por medio de un interruptor múltiple. Desde luego que cada termocupla puede ser conectada a su propio galvanómetro con todos ellos grabando sobre el mismo registrador por medio de tintas diferentes.

Los pirómetros pueden ser también portátiles. Para temperaturas moderadas, las cuplas a base de metal son usadas, las cuales dan mayores fuerzas electromotrices.

A continuación se dan los nombres de algunas termocuplas, máxima temperatura de uso, y máxima fuerza electromotriz.

Termocupla Cooper constantán, con una temperatura máxima de 500 grados centígrados y 25 m. v. generados. Termocupla hierro constantán, para una temperatura máxima de 800 grados centígradosy 45 m.v. generados. Termocupla níquel nicronio, para una máxima temperatura de 1100 grados centígrados, genera una fuerza electromotriz de 40 m. v. La aleación constantán contiene 40 por ciento de níquel y 60 por ciento de cromo. Las altas temperaturas requieren de la cupla platino-platino-rodio (10 por ciento de rodio) hecha de alambres de 0,5 milímetros. Puede alcanzar en un corto tiempo 1600 grados centígrados y entonces leer 16 m. v. Un elemento hecho de iridio-iridio-rutenio es bueno para medir temperaturas sobre los 2000 grados centígrados. En general los alambres pueden ser protegidos contra los gases calientes y aislados unos de otros. Los tubos de protección pueden ser de metal o de cerámica (porcelana, sillimanita, corundum sinterizado) En orden a reducir el retraso térmico, el tubo no debe tener más de 5 milímetros de espesor.

Pirómetros Aspirantes.- Cuando un gas está a una temperatura diferente de la de sus alrededores, la indicación del pirómetro puede ser errónea. El intercambio por radiación desde o hacia las paredes es muy importante, y la lectura puede indicar su temperatura, mas bien que la temperatura del gas. El pirómetro diseñado por el Thermal Institute of Dusseldorf corrige este defecto. La unión es protegida de la radiación de las paredes por un cuerpo poroso de cerámica de considerable volumen. El gas es traído por un aspirador operado por aire comprimido. La unión es así bañada por el gas a una alta velocidad(10-15 metros cúbicos por hora). El elmento es de níquel-cromo, porque el platino se desintegra por los gases reductores.

Pirómetros Opticos.- La determinación óptica de la temperatura descansa en las leyes de la radiación del cuerpo negro. Los cuerpos actuales tienen un poder emisivo bajo aquel de los cuerpos negros, pero en la práctica la temperatura de un cuerpo como la que le roden puede

ser medida, siempre que se encuentre en un espacio cerrado. Los operadores de un horno tienen la costumbre de estimar la temperatura de acuerdo con la temperatura de incadescencia, la cual es independiente de la naturaleza del sólido. Pero el ojo está sujeto a varias influencias, especialmente a la variación de la luminiscencia de los alrededores. La siguiente escala de colores es generalmete aceptada:

Rojo incipiente	525°C.	975 F
Rojo obscuro	700	1290
Rojo cereza incipiente	800	1470
Rojo cereza	900	1650
Rojo cereza brillante	1000	1830
Amarillo obscuro	1100	2010
Amarillo claro	1200	2190
Blanco incandescente	1300	2370
Blanco brillante	1400	2550

El pirómetro óptico compara la iluminación de un cuerpo incandescente con aquel de una fuente conocida; esta es el fotómetro. Este instrumento puede servir para la estimación de la temperatura de llama, solamente si éstas son muy luminosas y opacas. Si la superficie del vidrio refleja una llama luminosa la lectura del pirómetro óptico puede ser muy fluctuante y errónea.

El Pirómetro Tanner.- La luz emitida por el cuerpo a ser medida es entregada monocromática por dispersión espectral. Para obtener igualdad entre las dos fuentes de luz, la luz de la fuente a ser observada es parcialmente absorvida por un dispositivo adecuado. El ángulo formado por este dispositivo nos da la indicación de la temperatura. Este ángulo no puede ser mayor de 80 grados porque se presenta una incertitud en la apreciación. Alrededor de los 1000 grados centígrados se registra un error de 5 grados centígrados. Se pueden enumerar algunos otros pirómetros tales como: pirómetros de radiación total, el pirómetro Fery, etc.

Para hornos de fundición de vidrio, los pirómetros registradores pueden ser fijados en una posición donde se puedan hacer verificaciones periódicas. Las termocuplas son fijadas en la llave de la corona, y a veces en los lados de los conductos y en el conducto a la chimenea. En la cámara de trabajo se requerirá la intalación de pirómetros de radiación total. Las termocuplas pueden ser colocadas verticalmente si es posible. Ellas requerirán una pequeña atención, tal como remover sus tubos de protección y apretar la unión fría.

CONTROL DE PRESION Y FLUJO DE GASES.- El control de la presión es muy útil para el establecimiento y mantenimiento de condiciones favorables para la producción. En muchas factorías, la altura de la chimenea y los conductos de los gases son más que suficiente para asegurar un amplio tiro. Si esto no es regulado con cuidado, la cámara de combustión del horno estará bajo presión disminuída, y el aire fresco puede entrar. La escasez de suficiente tiro en la chimenea será desastroso, porque puede haber alguna obstrucción.

Aparato registrador.- Este mecanismo consiste de un reservorio vertical de suficiente altura, que contiene petróleo, y en este último un tambor, un tambor invertido flota. En el interior y exterior hay tubos que pueden ser fácilmente limpiados.

Hay mecanismos que permiten la medida de muy bajas presiones, bajo la fracción de milímetro de agua, y éstos son útiles en el control de las cámaras de combustión del horno.

Velocidad y Flujos de Gases.- El gas combustible, el aire para la combustión y los gases quemados son transportados en conductos rectangulares de ladrillo. Estos gases andan a velocidades relativamente bajas. Bajo estas condiciones ningún aparato de medida de flujo puede ser bien aplicado. Las velocidades pueden calcularse de los análisis químicos. Por el contrairo los gases que viajan más rápidamente pueden ser medidos con mayor facilidad.

El tubo de Pitot, perfeccionado por Prandtl, da resultados satisfactorios si las líneas de corriente están viajando en trayectorias rectas y si las velocidades no exceden de 10 pies por segundo.

CONTROL QUIMICO DE LOS GASES DE LA COMBUSTION.- El control de los gases de la combustión sirve para regular el aire de la combustión, el cual debe estar en un mínimo de exceso

Existen aparatos automáticos que analizan y registran ciertos componentes de los gases de la combustión. Esto provee permanente información para el personal, tomando en cuenta cualquier variación, de tal manera que se pueda corregir rápidamente. Estos aparatos deben estar cuidadosamente tratados para evitar cualquier introducción de polvo y otros cuerpos extraños.

Hay aparatos químicos con combustión o sin combustión que se utilizan para hacer los análisis de los productos de la combustión.

El CO_2 es muy mal conductor del calor en relación con otros componentes gaseosos en un 40 por ciento. Si un alambre de platino que transporta una corriente eléctrica es colocado en una atmósfera que contiene CO_2, llega a calentarse más que si estuviera solamente en el aire, aunque las otras circunstancias sean iguales. El incremento de su resistencia se mide mediante un puente de Wheatstone. El galvanómetro calibrado en porcentaje de CO_2. El gas debe estar libre de olefín, el cual afecta a la conductibilidad eléctrica del alambre, y del hidrógeno, el cual es buen conductor del calor.

MEDIDA DE NIVEL DEL VIDRIO.-Otro instrumento de capaz variabilidad y control en las plantas de vidrio, es el control del nivel del vidrio fundido en la sección de refinamento. Esto es usualmente logrado mediante el uso de arreglos de alimentación, los cuales consisten de un motor impulsor el cual hace que suba o baje la superficie de líquido consistente en el vidrio fundido.Cada vez que el contacto es realizado mediante una conección eléctrica a través del vidrio, se obtiene el control del nivel. Esto se registra sobre una carta de nivel de vidrio.

IX.- REFRACTARIOS USADOS EN LOS HORNOS DE HACER VIDRIO.

Composición y Propiedades de los Refractarios Usados en los Hornos de Fundir Vidrio.- Los refractarios usados en los hornos de hacer vidrio, pueden dividirse:

1) Aquellos refractarios que están encontacto directo con el vidrio fundido;
2) Aquellos refractarios que están colocados en cualquier parte del horno que no esté en contacto con el vidrio, incluyendo los ladrillos del regenerador y los del enladrillado jaquelado "Checker".

Los refractarios en contacto directo con el vidrio fundido son materiales resistentes a elevadas temperaturas. Van colocados en el fondo de la cámara de fundición, en el fondo de la cámara de refinamiento, en las paredes laterales, paredes de los extremos, en los canales y otras localidades bajo el nivel del vidrio.

Los refractarios del segundo grupo antes clasificados, o sea los que no están encontaco directo con el vidrio fundido; sirven para las paredes superiores de la cámara, lumbreras, paredes extremas sobre el nivel del vidrio fundido, enladrillado jaquelado "checker" o regenerador, estructura superior y otros puntos.

Algunas de las propiedades básicas de los dos grupos de los se dan en las tablas Nº 6 y 7 de esta sección. Estos refractarios son refractarios comerciales de usos en hornos de vidrios.

Los materiales que han sido indicados y usados para bloques fundidos incluyen alúmina fundida o adherida, sílice fundida, óxido de magnesio, óxido de berilio, grafito, ciamita, topacio y varias mezclas de óxidos de cromo y alúmina fundida y adherida, alúmina y óxido de sodio, alúmina y circonia, silicatos y arcillas de todo tipo. Muchos de estos materialesfundidos son excelentes y están prestando servicios especiales para los cuales los bloques

TABLA Nº 6

CARACTERISTICAS BASICAS DE LOS REFRACTARIOS USADOS SOBRE EL NIVEL DEL VIDRIO FUNDIDO
(Tomado de Handbook of Glass Manufacture)

Tipo de Material	Anfilisis químico										Porosidad app. %	Exp. lineal % 900 C.	P.C.E.	Mód. de rotura	Rajadura %	Conductividad térmica				
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2	Cr_2O_3	ZrO_2	AlK						1000	1500	2000	2400	Densidad relativa
Alto calor	54,9	40,42	1,35	...	0,48	0,40	2,04	...	...	0,40	21	0,64	32-33	941	3,5	8,9	10,4	11,8	12	2,65
Super Duty	50,6	42,90	1,30	...	0,45	0,50	2,12	...	...	0,50	15,8	0,63	33-34	850	1,8	9,1	10,6	12,1	12,5	2,68
Special Super D.	51,9	43,6	1,50	...	0,40	0,20	1,95	...	...	0,70	11	0,61	34-35	1200	2,5	9,1	10,8	12,2	12,5	2,75
Kyanite Mineral	35,9	60,3	0,80	...	0,30	0,08	1,94	...	...	0,56	20	0,65	38	1975	1,8-3,0	11,0	10,4	10,3	10,3	...
Kyanite Mineral (Fortified)	27,5	69,60	0,70	...	0,20	0,08	1,60	...	...	0,50	23	0,78	39	1700	...	10,2	10	9,9	9,7	...
High Alumina	33,5	60,9	1,50	...	0,40	0,03	1,50	...	...	0,60	23	0,70	36-37	1000	2	10...	...	...	...	2,94
High Alumina	23,10	71,40	1,60	...	0,30	0,30	1,60	...	...	0,90	24	0,80	37	1000	1-2	10,9	10,2	10	9,9	3,15
High Alumina	16,9	78,9	1,8	...	0,20	0,30	1,5	...	...	0,90	25	0,56	38-39	1500	...	...	...	...	...	3,30
Zircon	35,6	0,16	0,20	...	0,02	0,08	...	...	63,5	0,10	22	$5,1x10^{-6}$ 20 C-1230C.	más 42	2800	cerca de 0	19	16,5	14,5	...	4,46
Kaolin	44,2	53,1	0,8	...	0,12	...	1,2	...	...	0,30	18	...	34	1600	1,8	...	12,7	13,0	13,2	136 pie^3
Silica	96,0	0,9	0,6	...	2,6	0,03	0,08	...	...	0,30	25	1,24	31-32	1200	...	11	12,1	13,2	14,5	2,34
Super duty silá.	96,5	0,50	0,50	...	2,10	0,03	0,05	...	...	0,09	22	1,28	31-32	700	...	...	...	...	...	2,32
Chemical Bonded Magnesite Chrome	5,90	6,20	2,50	2,70	1,80	60,2	...	8,10	4,30	...										
Chemical Bonded Chrome Magnesite	5,48	16,89	1,80	10,0	0,10	33,4	2,5	29,9	2,3	0,00	3250 F	0,80	3000 F	600	...	8,0	7,5	7,0	...	3,8-4,10
Forsterite	33,5	1,5	9,4	...	1,4	53,5	...	1,4	...	...	25	0,90	3470 F	...	...	...	...	...	10,3	3,35
Kyanite Mineral	46,3	51,8	0,53	...	0,22	0,38	0,80	...	...	...	20	0,60	33-34	1750	1-3	...	...	...	....	...

Nota: Los refractarios Kyanite Mineral, Kyanite Mineral (Fortified), Zircon se pueden usar bajo el nivel del vidrio fundido.

TIPO DE BLOQUE	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	AlK	Cr_2O_3	ZrO_2	Na_2O	Lb/pie cúb.	por. app.	Exp. lineal % 900 C.	P.C.E.	Mod. Rot.	Conductividad Térmica 1000	1500	2000
Clay Type Nº 1	73,62	23,89	1,58	0,20	...	0,50	0,21	...	...	...	120	27,2	0,82	29-30	...	...	...	...
Clay Tipe Nº 2	70,10	26,80	1,54	0,20	...	0,66	0,80	...	...	...	120	25,1	0,72	29-30	...	...	...	...
Clay Tipe Nº 3	65,02	31,05	1,23	0,27	0,26	1,68	0,52	...	...	...	132	20,1	0,67	31-32	...	...	...	...
Clay Tipe Nº 4	56,15	41,30	0,90	0,20	...	0,71	0,74	...	...	...	136	17,2	0,42	32	...	...	...	...
Clay Tipe Nº 5	71,50	25,30	1,60	0,21	...	0,64	0,85	...	...	...	120	26,4	0,75	30-31	...	...	...	...
Clay Tipe Nº 6	65,80	30,90	2,00	0,22	...	1,46	0,25	...	...	...	120	25,1	0,70	30-31	...	...	...	...
Clay Tipe Nº 7	62,40	34,60	1,60	0,18	...	0,30	0,92	...	...	...	122	18,3	0,66	30-32	1100	10	11	13
Clay Tipe Nº8	66,50	29,40	0,92	0,30	0,20	2,10	0,63	...	...	...	132	17,4	0,66	31-32	1650	9,5	10,4	11,8
Clay Tipe Nº 9	52,1	44,1	1,20	0,20	0,31	2,11	0,45	...	...	...	138	18	0,58	33	1725	8,9	10,4	11,6
Kyanite Mineral	39,17	57,1	0,48	0,40	o,42	2,00	1,20	...	...	...	142	25	0,57	36	1680	...	...	...
Kyanite Mineral	47,24	50,9	0,63	0,12	0,36	0,70	...	....	...	...	138	20	0,60	33-34	1750	10,5	10,2	9,9
Kyanite Mineral	35,35	61,20	0,81	0,11	0,05	1,96	0,48	0-8	6-40	...	146	20	cerca de 0	...	....	11,0	10,4	10,30
Fused Cast	1-10	70-95	0.1-0,25	0,35	...	0,05 2,5	...	0-8	6-40	1,2 5,8	180-210	0-7	0,4 0,63	....	...	...	...	18-30

Nota: Kyanite Mineral en sus tres formas y Fused Cast se usan sobre el nivel del vidrio fundido.

Las unidades de la conductividad térmica son: B.T.U. /Hr/ pie cuadrado/pulgada/ grado fahrenheit.

ordinarios no pueden ser usados. Su uso se ha extendido tanto que hoy se clasifican en bloques standard.

El tipo de bloque alúmina-sílice es el tipo de bloque más ampliamente usado. Arcillas de varias proporciones de alúmina-sílice son principalmente abundantes y son encontrados en muchos países. La alúmina y la sílice no decoloran al vidrio y son los constituyentes de la mayoría de los vidrios comerciales.

El tipo de bloque alúmina-sílice fundida cuyas proporciones de la mezcla varían entre 26 al 70 por ciento de alúmina con la correspondiente disminución en los porcentages de sílice. Generlamente la mayoría de los bloques de arcilla tratan de bajar el contenido de alúmina generalmente entre los rangos del 20 al 35 por ciento de alúmina. Sin embargo algunos manufacturadores tienen éxito usando mitad alúmina y mitad sílice.

Selección, Utilización y colocación de los Refractarios.-

Corona Principal. La primera parte del horno que se tratará es la corona que cubre la superestructura. No se puede decir mucho a cerca de los refractarios más adecuados para la corona principal del horno de fundir vidrio. Se puede decir que fundamentalmente los ladrillos de material de sílice, ya standard o del grado designado como "premium", son los refractarios más usados para esta parte del horno. Esto se usa principalmente en los grandes hornos. Para los hornos pequeños varios tipos de refractarios que comercialmente se designan como "sillimanite, mullite, o kyanite" están usándose con mucho éxito.

En algunos hornos mucho más pequeños y de diseños especiales se usan refractarios de tipo especial con ésito. Las coronas de los grandes hornos varían de 12 a 18 pulgadas de espesor. Muchas de las coronas son aisladas y muchas independientes del tipo de corona, espesor, diseño y tipo de combustible usado. Los hornos más pequeños tienen coronas cuyos espesores varían entre 9 y 12

pulgadas y son generalmente aislados.

Arcos para lumbreras, paredes laterales, fondos, coronas, y paredes de los extremos. La figura Nº 8 muestra estas partes en detalle, siguiendo la nomenclatura del texto Handbook of Glass Manufacture por Fay V. Tooley, las partes en mención las designaremos por letras, cada una indica un diferente tipo de material. Así refiriéndose a la tabla Nº 8, varias combinaciones de productos refractarios comerciales se indican.

La figura Nº 8 representa un diseño particular de lumbrera; en otros hornos existen distintos diseños, pero en forma general se tiene una idea de los refractarios usados en las distintas partes del horno.

Estribos, Bloques "Tuckstone", umbral de lumbrera, Montante de lumbrera.- La figura Nº 9 muestra estas partes en detalle. Para indicar este propósito se sigue la nomenclatura de Fay V. Tooley, designando cada parte del horno con una letra, y cada letra se refiere a las diferentes clases de materiales refractarios. La tabla Nº 9 muestra los diferentes materiales comerciales que pueden ser combinados. Hay que especificar que todos estos materiales usados en las distintas partes del horno dependen de muchos factores entre los que se pueden enumerar: el diseño, clase de combustible quemado, condiciones de servicio.

Desgaste de los Refractarios, efecto sobre la calidad del vidrio, enfiamiento.- La selección adecuada de los refractarios, para un horno en particular, depende del ataque químico a que debe estar sometido el bloque refractario cuando entra en contacto con el vidrio fundido. Algunos bloques, en el presente, serán lo suficientemente resistentes al ataque de los vidrios a base de bórax, vidrios soda-cal, vidrios a base de barios, o vidrios a base de plomo, para garantizar su uso con todos ellos.

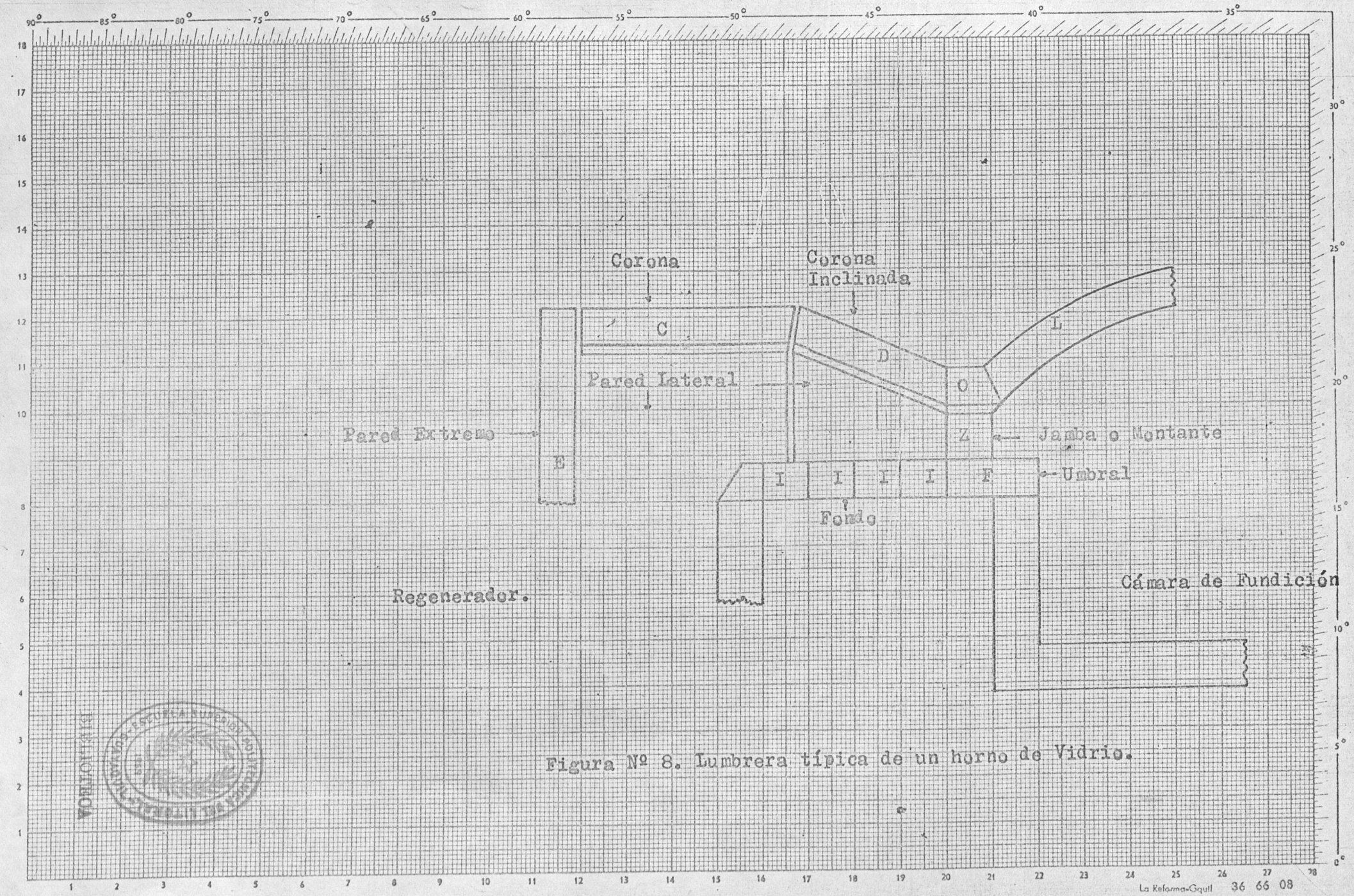


Figura Nº 8. Lumbrera típica de un horno de Vidrio.

XEROX
XEROX
XEROX
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
La Reforma-Gquil 36 66 08

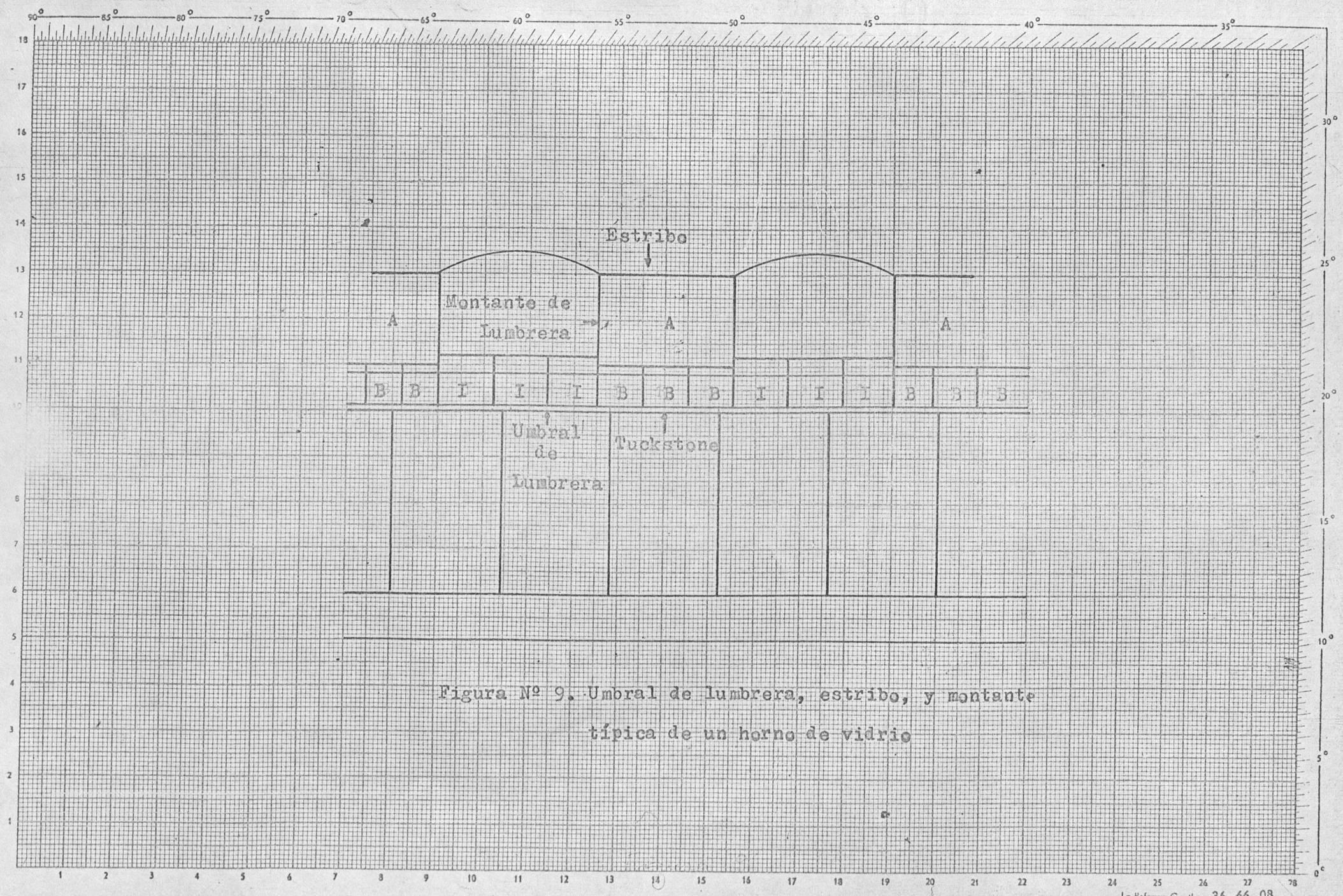


Figura Nº 9. Umbral de lumbrera, estribo, y montante típica de un horno de vidrio

TABLA Nº 8

MATERIALES REFRACTARIOS PARA UMBRAL DE LUMBRERA, ESTRIBOS Y MONTANTE
(Tomado de Handbook of Glass Manufature)

Nº	Alto rendimiento al calor con 40 % Al_2O_3	Material Fusion Cast	Super-duty 40 a 50 % Al_2O_3	Material de sílice regular	Material de sílice super	High Alumina bonded 60 a 96 % Al_2O_3	Chemical Chrone Magnesite	Forsterite	Chemical Bonded magnesite	Zircon
1	A,B,C,D,E,I	...	...	O),Z,F						
2	.....	...	...	A,B,G,D,O,Z,F, E,I						
3	....	...	...	.....	A,B,C,E,OZ,F, E,I					
4	....	...	...	....	....	A,B,C,D,E,F,O,I,Z				
5	A,E	...	I	B, C,E,O,Z,F						
6	A,E,I	...	...	C,D,B,O,Z,F						
7	...	Z,F	...	O,D,C	...	I,B,A,E				
8	...	O,Z,F,B,I,D	...	...	...	...	C,A,E			
9	...	B,I,O,D,C,Z,F	...	...	...	...	A,E			
10	...	Z,B,O,F,I	...	...	...		C,D,A			
11	...	O,Z,F	...			B,E,I		C,D,A		
12	...	O,Z,F	...			I	C,D,A,B,E			
13	...	O,Z,F	...			I	C,D,A,	B,E		
14	...	B,O,Z,I,F	...	...					A,C,D,E	
15	...	Ø,Z,F,	...	D	...	B,I	...	...	A,C,E	
16	...	O,Z,F	...	...	...	I	C,D,A,E	...	...	B

Nota: Se han conservado algunos nombres en inglés debido a que estos refractarios tienen esa denominación comercial.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL 1959 BIBLIOTECA

TABLA Nº 9

Materiales Refractarios usados en el umbral de las lumbreras, estribos y montantes

(Tomada del Handbook of Glass Manufacture)

Nº	ARcilla refrac. para alto calor. 40% de Al_2O_3 aprox.	Material para fusión	Refractario standard de sílice	Refractario de sílice de super rendimiento	Refractario de alta alúmina tipo fraguado 60 a 90 % de Al_2O_3
1	A,B,I	...	...	...	...
2	....	A,B,I	...	...	...
3	...	...	A,B,I	...	...
4	...	...	...	A,B,I	...
5	...	...	...	...	A,B,I
6	...	I	A,B	...	...
7	...	A	B,I	...	...
8	...	...	A,B	...	I
9	...	...	A	...	B,I
10	...	I	...	...	A,B
11	...	I,B	...	...	A
12	...	I	...	A,B	...
13	...	A	...	B,I	...
14	...	...	...	A,B	I
15	...	...	...	A	B,I

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1959
BIBLIOTECA

Por otra parte, hay bloques que pueden ser resistentes a vidrios a base de bórax y no ser resistentes a los vidrios soda-cal. El ingeniero de cerámica debe conocer estas particularidades, por lo tanto debe conocer el ataque químico para seleccionar el bloque refractario adecuado. Además de considerar el ataque químico, debe tener cuidado de que sea el bloque lo suficientemente homogéneo para que no se agujeree o forme superficies parecidas a esponjas que causará la formación de piedras. Estas corrosiones en los bloques se presenta, generalmente, cuando los bloques no son muy pulidos, aunque pueden ocurrir también cuando el bloque no presenta porosidad alguna. Cierto tipod de bloque fundido en algunos vidrios se erosionan y disuelven lejos del nivel del vidrio; mientras bajo el nivel del vidrio a pocas pulgadas el bloque no es afectado. Esta característica nos indica que es ventajoso bloques de diferentes materiales al nivel del vidrio. Cualquier bloque fundido debe tener bajo contenido de hierro o cualquier otro ingrediente que puede afectar la coloración del vidrio. Una adecuada resistencia a la abrasión es importante en el lugar donde se introduce la mezcla de las materias primas, dog house. Considerando el tamaño de los bloques a usar, se puede decir que hay ventajas en usar los bloques lo más grande posible. Los bloques grandes tienen la ventaja de que dan pocas uniones, requieren poco arriostamiento de acero, y son más fáciles de aislar. En igual form el uso de bloques pequeños también presentan su ventaja. Los bloques pequeños dan un horno más elástico, hasta donde la expansión y los movimientos en el calentamiento se interesa, además estos bloques son más fáciles de manipular.

Los refractarios de la coruna y de la superestructura no bañada por el vidrio fundido deben reistir el calor abrasivo de los gases cargados con vapor alcalino. Es esencial que estos refractarios no sean goteados o chorreados con vidrio fundido.

Por general los refractarios usados para las lumbreras deben reunir las mismas condiciones que los anteriores, más resistencia al choque del polvo de la materia prima que se introduce y al choque térmico producido por la inversiones del aire que viene del regenerador. Los ladrillos del Checquer deben tenr buena transferenci de calor y ser resistentes al ataque delppolvo proveniente de la mezcla de las materias primad que se introducen, al vapor de los gases caliente que son alcalinos y a las altas temperaturas.

Enfriamiento.- Es costumbre usar considerable aire de enfriamiento alreder del horno para enfriar los refractarios. La cantidad de aire necesario depende del tamaño del horno, variando desde 12.000 a 45.000 pies cúbicos por minuto. El conducto principal del aire va por debajo de las lumbreras o sobre ellas a una conveniente elevación y por los bloques a intervalos regulares. Algunas veces el aire se dirige solamente a la parte superior de los bloques al nivel del vidrio; otras veces es esparcido sobre el bloque, lo cual depende del vidrio que se funde y del diseño del horno. En general, el aire es dirigido hacia el extremo de la cámara de refinamiento, a un ángulo tal que permita que el aire entre las uniones congelando el vidrio en ellas. algunas veces se necesitan unidades especiales para enfriar el fondo. Este enfriamiento en los hornos de vidrio es tan importante que varios sistemas especializados han sido diseñados y se encuentran en el mercado mundial.

Mortero.- Los morteros usados con los distintos refractarios en los hornos de vidrio, son tan importantes como los refractarios en si mismo, porque el uso de un mortero equivocado, o el incorrecto uso de un mortero preciso, puede elevar el costo de la obra y puede tener graves consecuencias en cuanto a la duración del trabajo.

Las coronas principales de los hornos de vidrio llevan mortero seco o de sílice. La corona, si usa mortero,

debe ser llenada completamente con una pasta delgada de mortero de sílice, cubriendo todas las hendiduras, previo el calentamiento del horno. Después de que el horno ha sido calentado y la expansión se ha logrado, todas la grietas deben ser reparadas. Las demás partes del horno todas deben de llenarse con mortero. Los requerimientos de mortero, cuando se ordenan los demás materiales refractarios, deben ser cuidadosamente pedidos. Mas o menos de 200 a 400 libras por cada 1000 ladrillos.

Los pedidos de los morteros deben ser hechos de acuerdo con las espicificaciones, dadas por los fabricantes, según catálogos. Estos morteros deben ser enviados en forma segura y económica. El almacenaje debe ser hecho en un edificio aparte de la factoría propiamente dicha, en una área seca, bien ventilada, libre de vapores alcalinos y donde no haya peligro de contaminación con el polvo de las materias primas del vidrio. si el piso es de concreto sin humedad, el mortero puede ser colocado directamente sobre el piso sino reune estas condiciones el material debe ser colocado sobre vigas de aislamiento. Todos los materiales de los morteros deben ser colocados juntos con sus respectivas marcas para evitar confusiones y mal uso de ellos; además los morteros deben ser arreglados de tal manera que puedan ser tomados sin que se requiera la movilización de otros materiales distintos del necesario.

X.- DIMENSIONES DEL HORNO.- A continuación se resumen los cálculos de las dimensiones del horno de fundir vidrio. Todos los detalles del cálculo de las dimensiones del horno se encuentran en detalle en el ANEXO P.

a) Profundidad del tanque del horno donde está el vidrio fundido: 48 pulgadas o 124 centímetros. (Ver Anexo P)

b) Area de Fundición: 240 pies cuadrados o 22,4 metros cuadrados (Ver Anexo P)

c) Tipo de Horno: de acuerdo con los cálculos, se usará un tipo regenerative con fuego en el extremo.

d) Dimensiones de la cámara de fundición: La cámara de fundición tendrá las siguientes dimensiones; 12 pies de ancho o 3,94 metros, 20 pies de largo o 6,6 metros, y 4 pies de profundidad o 124 metros. (Ver Anexo P)

e) Area de la Lumbrera: la lumbrera tiene una área de 890 pulgadas cuadradas o 0,576 metros cuadrados. (Ver Anexo P)

f) Area del conducto que conecta el regenerador con la lumbrera: este conducto tiene una área de 11,94 pies cuadrados o 1,11 metros cuadrados (Ver Anexo P).

g) Area libre del enladrillado jaqueleado "checker": esta área es de 45,5 pies cuadrados o 4239 metros cuadrados (Ver Anexo P)

h) Area del conducto bajo el enladrillado jaqueleado: 15,1 pies cuadrado o 1,4 pies cuadrados (Ver Anexo P).

i) Area del conducto a la válvula: 10,008 pies cuadrados o aproximado 1 metro cuadrado. (Ver Anexo)

j) Area de la válvula de inversión.- la válvula de inversión tiene 5,75 pies cuadrados o 0,72 metros cuadrados (Ver Anexo P)

k) Area del conducto que va a la chimenea: 9,59 pies cuadrados o 0,89 metros cuadrados. (Ver Anexo P).

Todos los cálculos de las diferentes partes del horno de fundir vidrio se resumen a continuación en un cuadro; además, se indican las temperaturas en cada una de las partes del horno, las velocidades y el flujo de gases.

Lugar del Horno	Velocidad pies por segundo.	Temperatura ° F	Flujo° pies cúb. Por Seg.	Relación° de temperaturas.	Area° pies cuadrados
GASES tomados como referencia	...	60	...	...	...
Enladrillado	5,25	2470	238,82	5,63	45,5
Conducto Vertical	20,00	2470	238,82	5,63	11,94
Conducto bajo el enladrillado	8,00	1000	120,90	2,85	15,1
Conducto a la válvula	12,00	1000	120,90	2,85	10,008
Válvula de Inversión	20,00	950	115,00	2,71	5,75
Conducto a la Chimenea	12,00	950	115,00	2,71	9,59

° Valores calculados en el anexo P.
La velocidad y temperatura son basadas en los datos de F. V. Tooley[14]

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1959
BIBLIOTECA

XI. CALCULO DE LA DIMENSIONES DE LA CHIMENEA.- En el cálculo de la chimenea hay que dimensionar:

1.- Diámetro de la chimenea
2.- Altura efectiva de la chimenea
3.- Temperatura de salida de los gases
4.- Altura total de la chimenea
5.- Calcular el tiro de la chimenea.

1.- Para determinar el diámetro de la chimenea, es necesario conocer primeramente el flujo de gases que circulará por ella en libras por hora. Según los cálculos realizados en el Anexo P, el flujo de los gases es de 11.235 libras por hora; según esto y haciendo uso de la figura Nº 10 se tiene que el diámetro de la chimenea es de 3,5 pies. Este cálculo fue realizado también en el Anexo P.

2.- La altura de la chimenea se la obtiene haciendo una aproximación valiéndose de la figura Nº 11. En primer lugar hay que asumir un tiro adecuado para vencer todas la resistencias en el horno regenerador, conductos y chimenea. Según la experiencia de diseñadores modernos de esta clase de hornos es bueno tener un tiro de 1,0 pulgada de agua; luego es necesario conocer la temperatura promedio de los gases que circulan por la chimenea y que es 760 grados Fahrenhiet según se indica en la tabla Nº P-3 del anexo P. Con estos datos se trabaja con la figura Nº 11, se encuentra el valor de 125 pies para la altura efectiva de la chimenea.

3.- Temperatura de salida del gas.- Con esta altura aproximada de la chimenea, 125 pies, y haciendo uso de la figura Nº 6 (página 77) nos da que la temperatura de salida del gas por la chimenea será de 650 grados Fahrenheit. Por lo tanto el promedio de temperatura en la chimenea es

$$\frac{950 + 650}{2} = 800 \text{ grados Fahrenheit.}$$

BIBLIOTECA

10

Pérdida de calor en la chimenea, 1000 libras por hora, para un rango de temperatura recomendado de la chimenea para un rango de flujo de gases.

(Figure courtesy of Babcock Ibs Construction and Use).

XERO COPY

BIBLIOTECA

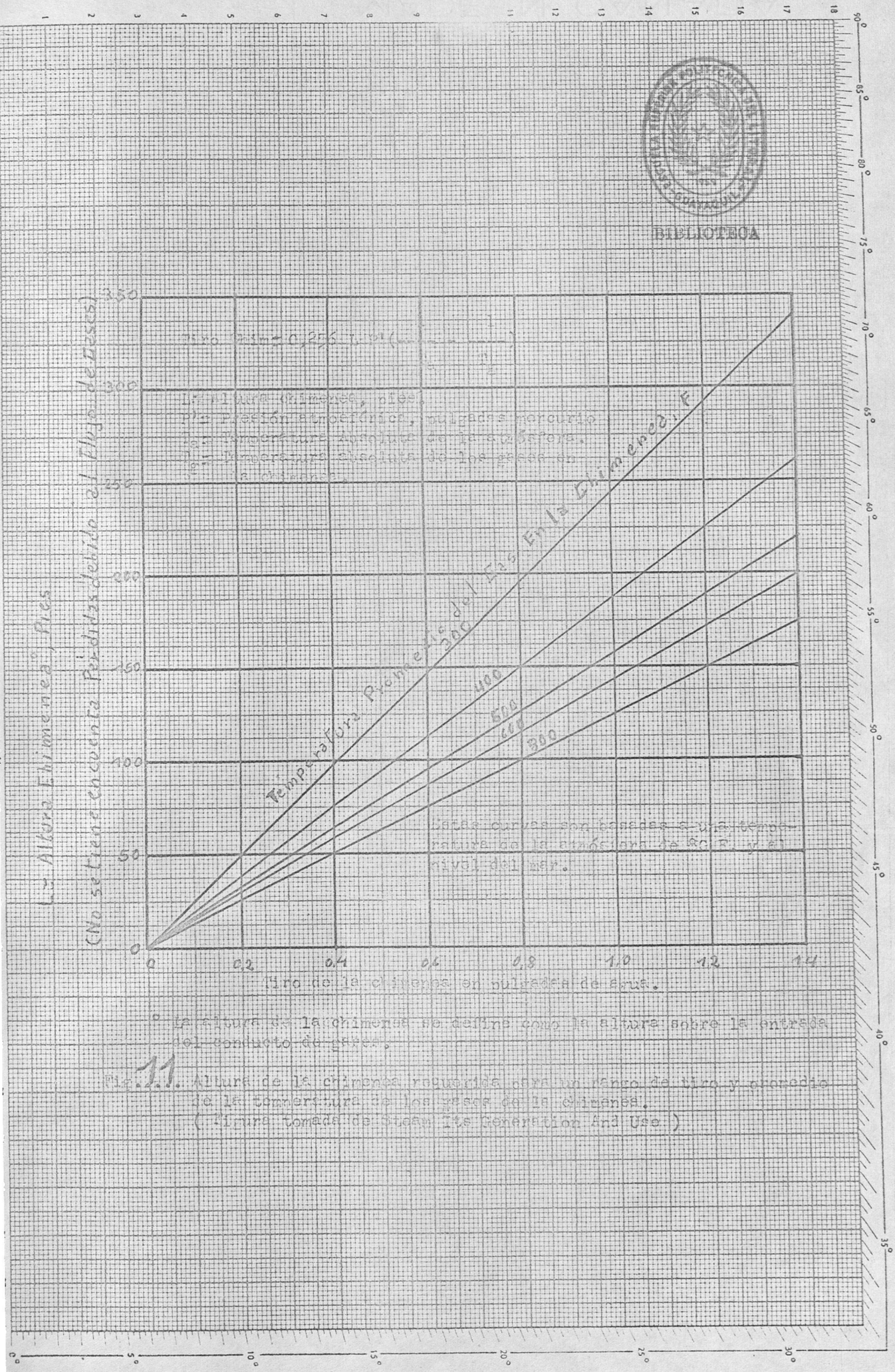


Fig. 11. Altura de la chimenea requerida para un cierto tiro y elevación de la temperatura de los gases en la chimenea.
(Figura tomada de Steam Its Generation And Use)

La temperatura correcta antes calculada servirá para determinar la altura definitiva de la chimenea. Mediante la figura Nº 6 se procede; antes hay que tener encuenta un porcentage para pérdidas de tiro. La experiencia nos indica que es de un 5 por ciento de la altura. Este incremento será, por lo tanto, 125(0,05) = 6,25 pies. La altura final de la chimenea será 125 + 6,25 = 131,25 pies.

Una vez realizados estos cálculos se los puede comprobar analíticamente mediante el uso de la ecuación VII-5 dada en la sección VII que trata de chimeneas.

$$\text{Pérd. en la Chimenea} = 0{,}0942 \frac{Tg}{Di^4}\left(\frac{w}{100.000}\right)^2 \left(\frac{2L}{Di} + 1\right) \qquad \text{(VII-5)}$$

Para usar esta fórmula es necesario conocer primeramente el factor de fricción f, para lo cual se calcula primeramente el número de Reynolds, mediante la ecuación:

$$N_{Re}(\text{Aprox.}) = \frac{20.000\ w}{Tg(Di)}$$

(Ecuación tomada del libro Steam Its Generation And Use, Babcock & Wilcox)

Esta ecuación se usa para calcular el número de Reynolds en chimeneas.

En esta ecuación se tiene:

w = flujo de gases en libras por hora.

Tg = temperatura promedio de los gases en la chimenea, grados fahrenheit

Di = diámetro interior de la chimenea, en pies.

En el presente cálculo w es 11.235 libras por hora (ver Anexo P); Di es 3,4 pies como se calculó antes o (Ver Anexo P) y Tg es 800 grados fahrenheit como se calculó antes. Reemplazando estos valores en la ecuación del Número de Reynolds se tiene:

$$N_{Re}(\text{aprox.}) = \frac{20.000(11.235)}{800(3,4)} = 8260$$

Con este valor entro en la figura Nº 7 de la sección VII chimenea y obtengo el factor de fricción f, igual a 0,023; luego aplicando la ecuación VII-5 se tiene:

$$\text{Pérd. Chimenea} = 0{,}0942\left[\frac{800}{(3{,}4)^2}\right]\left[\frac{11.235}{100000}\right]^2\left[\frac{0{,}023(131)}{3{,}4}+1\right]$$

Pérdidas en la chimenea = 0,0201 pulgadas de agua.

En igual forma se puede calcular el tiro teórico de la chimenea mediante la ecuación VII-3.

$$\text{Tiro Chimenea} = 0{,}256LP'\left(\frac{1}{Ta}-\frac{1}{Tg}\right) \qquad \text{(VII-3)}$$

Donde:

Tiro de chimenea en pulgadas de agua

L, es la longitud de la chimenea en pies

Tg, es la temperatura del aire atmosférico que rodea la chimenea, Absoluta.

Tg, es la temperatura promedio de los gases de la chimenea, absoluta.

P; es la presión atmosférica en pulgadas de mercurio.

Puesto que uno de los lugares más adecuados para la instalación de la planta de vidrio plano es Guayaquil, el cálculo se hace en base a la presión y temperatura de esta ciudad. La presión atmosférica es de 29,92 pulgadas de mercurio y la temperatura del aire atmosférico se lo toma como 80 grados fahrenfeit, la temperatura promedio de los gase, ya calculada es de 800 grados fahrenheit. Reemplazando estos valores en la ecuación VII-3 se tiene:

$$\text{Tiro Chimenea} = 0{,}256(131)(29{,}92)\left(\frac{1}{540}-\frac{1}{1260}\right)$$

Tiro Chimenea = 1,056 pulgadas de agua.

Este valor es el valor teórico calculado; el valor disponible será:

Tiro disponible = Tiro teórico - Pérdidas

Tiro disponible = 1,056 - 0,0201 = 1,0369 pulgadas de agua. Valor que satisface ampliamente el tiro asumido. Cabe notar que la pérdidas de la chimenea son alrededor del 2 por ciento, cumpliéndose así que las pérdidas de la chimenea están siempre bajo el 5 por ciento como se había especificado en la sección VII en la teoría de chimeneas.

XII. CALCULO DE LOS LADRILLOS UTILIZADOS EN LA CHIMENEA.- Las dimensiones de la chimenea calculada para esta planta son:

Diámetro interior, 3,5 pies (Di)

Altura de la chimenea. 131 pies (L).

El ladrillo que se usará en la chimenea tiene que reunir características importantes entre las que se destacan: resistencia a la erosión y a la temperatura. Los ladrillos de alto contenido de óxido de aluminio, Al_2O_3, son adecuados para cumplir con estas condiciones. La casa A. P. Green, fabricantes de refractarios, tienen en el mercado, refractarios para este fin que contienen 50, 60 y 70 por ciento de Al_2O_3.

Desde la base de la chimenea hasta los 31 pies de altura se usarán ladrillos denominados de acuerdo con A. P. Green[15] Key Brick. Según la tabla de la página 78 de A. P. Green necesitamos 21 ladrillos Nº 3 Key y 25 ladrillos Nº 2 Key por círculo. En los 31 pies o 9,62 metros hay 372 pulgadas; el espesor del ladrillo es de 2½ pulgadas; por lo tanto para cubrir los 31 pies se requerirán 149 círculos y los ladrillos serán:

Nº 3 Key- 149(21) = 3149

Nº 2 Key- 149(25) = 3725

Para cubrir los 100 pies restantes de la chimenea se usarán ladrillos denominados, según A. P. Green, Circle Brick. En los 100 pies o 30,48 metros hay 1200 pulgadas; puesto que el espesor del ladrillo es 2½ pulgadas se requerirán 480 círculos.

Según la tabla de la página 56 de l Catálogo de A. P. Green se necesitan 20 ladrillos por círculo de la chimenea; por lo tanto los ladrillos totales para esta sección son:

20 (480) = 9600 circle Bricks

La chimenea cuenta con una puerta de limpieza. Los ladrillos que se necesitan para esta puerta son:

Según la página 69 de A. P. Green para un arco cuyo radio es igual a la luz del mismo se tiene según las dimensiones de la puerta:

Luz de la puerta 1 pie 6 pulgadas.

Radio 1 pie 6 pulgadas.

14 ladrillos tipo Arch Nº 1 y 6 ladrillos tipo Arch Nº 2. Además 4 ladrillos tipo Feather Edge.

Los ladrillos "Standard Circle Brick" son 4½ pulgadas Lining con dimensiones (9-) x 4½ x 2½ pulgadas

Los ladrillos tipo Arch son :

Nº 1 9 x 4½ x (2½-2 1/8)

Nº 2 9 x 4½ x (2½-1⅝)

Los ladrillos Tipo Key Brick son de 9 x 4½ x 2½ pulgadas.

Los ladrillos Feather Edge son de 9 x 4½ x (2½-1/8) pulgadas.

XIII. CALCULO DE LOS LADRILLOS DEL HORNO.- Antes de realizar el cálculo de los ladrillos de la diferentes partes del horno se dará ciertas especificaciones del material refractario a usarse.

1) Cámara de fundición y Refinado parte bajo el nivel del vidrio fundido, en esta parte del horno se pueden usar bloques de alto contenido de alúmina o bloques de alto contenido de sílice.

2) Corona de la parte de la cámara de fundición, y refinado, en la corona de fundición y refinado se usarán bloques de sílice SiO_2, que reunen las siguientes características: soportan temperaturas arriba los 1595 grados centígrados, soportan una formación de escoria moderada y en igual forma una erosión moderada.

3) Paredes finales, se usan ladrillos de sílice.

4) Paredes laterales sobre el nivel del vidrio, para estas paredes se usa preferiblemete ladrillos de alto contenido de alúmina, 80 por ciento de Al_2O_3.

5) Coronas y paredes del regenerador, se usan ladrillos tipo "fireclay brick", estos ladrillos poseen resistencia a la deformación bajo carga, completa ausencia de encogimiento y resistencia a la rajadura.

6) En ladrillado jaquelado "Checkers", la principal caracterfstica que deben reunir los ladrillos para esta sección es baja porosidad, resistencia al ataque de la escoria y resistencia a la carga. Los ladrillos que reunen esta condición son los de alto contenido de alúmina denominados "High-Alumina Bricks"

7) Coronas de las lumbreras, en esta parte se pueden usar los ladrillos denominados "Silica Bricks" " Fireclay Bricks".

Mediante el catálogo de A. P. Green se han seleccionado los ladrillos para cada sección.

Todas estas propiedades que deben reunir los bloques y ladrillos usados en cada una de las partes del horno de

fundir vidrio, están detalladas en la sección IX Refractarios. En el mercado se encuentran refractarios para los distintos usos fabricados por distintas Casas cada una de las cuales tiene su nomenclatura propia. Por lo tanto lo más adecuado es conocer las distintas propiedades de los refractarios para hacer una adecuada selección de los mismos.

1) Corona de la Sección de Fundición.- La corona de la sección de fundición del horno tiene las siguientes dimensiones:

Largo de la corona = 20 pies o 610 centímetros.

Luz de la corona = 12 pies o 366 centímetros.

Radio de la corona = 12 pies o 366 centímetros.

Angulo central = 60 grados

En la corona de la sección de fundición se usarán tres clases de ladrillos; ladrillos tipo cuña, ladrillos rectos y ladrillos denominados "Skews"; estos últimos van colocados como base de la corona.

De acuerdo con la tabla de la página 73 de A. P. Green se usarán 15 ladrillos tipo cuña de 9 x 4½ x (2½-1 7/8) y 49 ladrillos rectos de 9 x 4½ x 2½ por cada hilada radial. Dando por lo tanto un total de 64 ladrillos, tipo cuña y recto, por hilada radial. En el sentido longitudinal de la corona, largo de la corona, se necesitan 52 ladrillos de 4½ pulgadas de longitud, cuñas y rectos de acuerdo con lo requerido, y un ladrillos recto o cuña de 6¾ pulgadas de largo y las restantes dimensiones.

Ladrillos tipo cuña. Puestoq que se necesitan 15 ladrillos tipo cuña por hilada radial; el número total de ladrillos tipo cuña para la corona de la parte de fundición es:

15 x 52 = 580 ladrillos tipo cuña de 9 x 4½ x (2½-1 7/8) pulgadas.

15 x 1 = 15 ladrillos tipo cuña de 9 x 6¾ x (2½-1 7/8) pulgadas.

Ladrillos Tipo recto. Se necesitan 49 ladrillos rectos por hilada radial. En sentido longitudinal, se requieren 52 ladrillos rectos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas y un ladrillos de 1 tipo recto de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas.

Por tanto el número de ladrillos rectos en la corona de fundición es:
49 x 52 = 2548 ladrillos rectos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas.
49 x 1 = 49 ladrillos rectos de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas.
Ladrillos tipo "Skwes". Se necesitan 54 ladrillos tipo 2skwes" por lado de la corona, dando un total de ladrillos tipo "skwes" de 108 para la sección de la corona en la fundición.
2) Corona de la sección de refinado. Las dimensiones de la corona de fundición son:
Longitud de la corona de fundición = 17 pies o 520,06 centímetros.
Luz de la corona de refinado = 9 pies o 274 centímetros.
Radio de la corona de refinado = 9 pies o 274 centímetros.
Angulo central = 60 grados
Espesor= 9 pulgadas, o 22,86 centímetros.
Siguiendo las especificaciones de la tabla de la página 73 de A. P. Green, se necesitan 15 ladrillos tipo cuñas de 9 x 4½ x (2½-1 7/8) y 34 ladrillos rectos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas; dando un total de de 49 ladrillos rectos y cuñas por hilada radial. En el sentido longitudinal de la corona de refinado, se necesitan 44 ladrillos, ya sean cuñas o rectos, de las medidas especificadas antes y un ladrillo recto de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas y un ladrillo tipo cuña de 9 x 6¾ x (2½-1 7/8) pulgadas.
Ladrillos tipo cuña. Puesto que se necesitan 15 ladrillos tipo cuña por hilada radial; el número total de ladrillos tipo cuña en la corona de refinado es:
15 x 44 = 660 ladrillos tipo cuña de 9 x 4½ x (2½-1 7/8) pulgadas.
15 x 1 = 15 ladrillos tipo cuña de 9 x 6¾ x (2½-1 7/8) pulgadas.
Ladrillos tipo recto. Se necesitan 44 ladrillos tipo recto por hilada radial de 9 x 4½ x2½ pulgadas y un ladrillo tipo recto de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas. Por lo tanto el número de ladrillos rectos en la corona de refinado es:

34 x 44 = 1496 ladrillos rectos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas.

34 x 1 = 34 ladrillos rectos de 9 x 6⅝ x 2½ pulgadas.

Ladrillos Tipo "Skwes". Se necesitan 46 ladrillos tipo"skew" por lado de la corona de refinado, dando un total de 92 ladrillos.

Los ladrillos para estas coronas deben tener alto contenido de Sílice. En el mercado se los conoce a estos ladrillos con la denominación Intermediate Duty Fire-clay Brick. La casa A. P. Green lanza al mercado esta clase de refractario con el nombre de CRAFT Intermediate Duty Fire-Clay Brick.

3) Fondo de la sección de fundición y refinado. Para el fondo de la sección de fundición y refinado se usaran bloques denominados por A. P. Green 80 ALUMINA que reunen las condiciones necesarias para trabajar en esta sección del horno. Las dimensiones de estos bloques son 100 x 100 centímetros o 39 x 39 pulgadas.

Las dimensiones del fondo de fundición son : 656 x 412 centímetros o 258 x 162 pulgadas.

Para cubrir esta área del fondo de fundición se requiere 24 bloques de 100 x100 centimetros o 24 bloques de 39 x 39 pulgadas más 4 bloques de 100 x 56 centímetros o 39 x 24 pulgadas más 6 bloques de 100 x 12 centímetros o 39 x 6 pulgadas más un bloque de 56 x 12 centímetros o 22 x 5 pulgadas.

Las dimensiones del fondo de refinado son 520 x 274 centímetros o 204 x 108 pulgadas. Por lo tanto se necesitarán 10 bloques de 100 x 100 centímetros o 39 x 39 pulgadas más 5 bloques de 100 x 74 centímetros o 39 x 28 pulgadas.

4) Paredes que contienen el vidrio fundido. En esta parte del horno también se usarán bloques A. P. Green 80 ALUMINA debido a que estos bloques cumplen con los requerimientos que exijen las condiciones de trabajo a que están sometido.

Para cubrir estas paredes se necesitan 92 bloques de 60 x60 centímetros o 92 bloques de 23 x 23 pulgadas.

5) Paredes superiores del horno.- En esta sección del horno se pueden usar distintas clases de refractarios que reunen las condiciones de trabajo propias de esta sección. Se ha seleccionado el ladrillo denominado por A. P. Green EMPIRE High Duty fire-clay Brick.

Se necesitan 60 ladrillos cuyas dimensiones son 60 x 60 centímetros o 23 x 23 pulgadas.

Los bloques y ladrillos usados en este horno han sido seleccionados de acuerdo con las caracterísiticas que cada sección del horno requiere para cumplir adecuadamente con las condiciones de trabajo a que están sometidos los refractarios.

XII. CALCULO DE REGENERADOR.- Para el cálculo del regenerador de aire que se empleará en este horno de vidrio, se seguirá el método de Tpldt[16]

Según este método, el aire alcanza el pie de la cámara a 400 grados centígrados o 752 grados fahrenheit y dentro del regenerador se lo puede calentar a 1350 grados centígrados o 1922 grados fahrenheit. Es necesario que el aire esté 5 segundos en la cámara, de los cuales 3 segundos es necesario esté en el enladrillado jaqueleado "checker". De acuerdo con Told el volumen de la cámara debe ser 6 metros cúbicos por metro cúbico de aire enviado por segundo y por cada 100 grados centígrados (212 grados fahrenheit) de elevación de la temperatura.

La cantidad de aire para la combustión, en la presente instalación , es 14,47 libras de aire por libra de combustible (ver Anexo P). Para producir el calor necesario en el horno de vidrio, se requiere 82,5 galones de combustible residuo Nº 6 (ver Anexo P). Según las especificaciones este combustible pesa 8,108 libras por galón; por lo tanto el peso total de combustible por hora que se necesita quemar es de 668,91 libras.

El aire total para la combustión , tomando un exceso del 10 por ciento, es de 35 pies cúbicos por segundo o 1, 1 metro cúbico por segundo.

El volumen de la cámara regenerativa para elevar la temperatura del aire desde 400 grados centígrados a 1350 grados centígrados será:

1,1 m^3/seg.(6 m^3decámara/ m^3 de aire/ 100°C.) (1350-400 °C.)(1 seg.) =

= 62,7 metros cúbicos de cámara regenerativa . (2213,51 ie cúbicos)

El peso de el checker será:

Peso checker = 62,7 m^3de cámara(2850 kg/6 m^3 de cámara) = 29782 kg. (65520,4 libras). Cabe indicar que Told dice que 6 metros cúbicos de checker pesa 2850 iklogramos.

La densidad promedio de los refractarios es 2,4. Por lo tanto el peso específico del ladrillo es de :

Peso específico = 2,4 (1000 kg/m^3) = 2400 kg/m^3; de aquí deducimos el volumen del ladrillo:

Volumen del ladrillo = 29782 kg / 2400 kg/m^3 = 12,4 m^3 (437,72 pies cúbicos)

Tomando, según Toldt, para el enladrillado jaquelado 1/3 del volumen total lo cual es promedio, el enladrillado ocupará (ladrillo y espacio interno)

12,4 m^3(3) = 37,2 metros cúbicos (1313,16 pies cúbicos)

El espacio libre para la colección del aire caliente y la distribución hacia el quemador mediante el conducto vertical será:

52,7 m^3 - 37,2 m^3 = 25,3 m^3 (893,09 pies cúbicos)

La temperatura promedio del aire es:

$$\frac{400 + 1350}{2} = 875 \text{ grados centígrados (1607 grados fahrenheit)}$$

El volumen de aire a esta temperatura promedio es; aproximadamente:

1,1 m^3/seg.(1 + 875/273) = 4,62 m^3/seg. (163,86 pies cúbicos por segundo).

El espacio total de vacío en la cámara es: Volumen total - volumen ladrillo; o 62,7 - 12,4 = 55,3 metros cúbicos ó 1952,09 pies cúbicos)

Por lo tanto tiempo que pasa el aire en la cámara es:

55,3 m^3/ 4,62 m^3/ seg. = 12 segundos.

La condición del tiempo es ampliamente satisfecha.

La cámara y los conductos constituyen, prácticamente una chimenea cuya altura debe ser suficiente para dar al aire la velocidad necesaria para pasar a través de la cámara venciendo la resistencia friccional.

La energía cinética del aire a la velocidad v, está dada por la fórmula $dv^2/2g$. Donde d es la densidad del aire a la temperatura media del regenerador (875 grados centígrados o 1607 grados fahrenheit) g es la gravedad. Según Baldt la densidad d a la temperatura media se la puede calcular mediante la ecuación: $\frac{1,3}{1 + \alpha t}$; donde

$\alpha = 1/273$ y t es la temperatura media en grados fahrenheit. Así se tiene:

$$\frac{1}{1 + 875/273} = 0,31 \text{ kg/m}^3$$

Este cálculo se lo puede realizar aplicando la ecuación de estado de un gas ideal: $pv = RT$; siendo p la presión, v el volumen específico, R el valor de la constante, que para el aire es 53,3 pie-libra/libra-°R o 29,3 kg-m/ kg-°K. Se calcula primero el volumen específico:

$$v = \frac{53,3 \text{ pie-Lb/Lb-°R}(1607 + 460)\ °R}{14,7 \text{ Lb/pul}^2(144 \text{ pul}^2/\text{pie}^2)} = 52,1 \text{ pie}^3/\text{Lb.}$$

De aquí sacamos d

$d = 1/v = 1/52,1 \text{ pie}^3/\text{Lb.} = 0,0192 \text{ Lb/pie}^3$. En medidas M.K.S. se tiene: $d = 0,0192 \text{ Lb/pie}^3(35,3 \text{ pie}^3/\text{m}^3)(1\text{Kg}/2,2 \text{ Lb}) = 0,309 \text{ kg/m}^3$. Para llevar el volumen de aire desde el reposo a la velocidad de 10 metros por segundo (32 pies por segundo) se necesita un tiro de:

tiro = energía cinética/ metro cúbico.

$$\text{Tiro} = \frac{d\,v^2}{2g} = \frac{0,31 \text{ kg/m}^3(10 \text{ m/seg.})^2}{2(9,81 \text{ m/seg}^2)} = 1,58 \text{ kg/m}^2$$

Se sabe que la presión correspondiente a una columna de agua de altura h, es: h = presión / peso especíep del agua

$h = 1,58 \text{ kg/m}^2 / 1000 \text{ kg/m}^3 = 0,00158$ metros o 1,58 mm.(0,0623 pulgadas). Para calcular la altura de la cámara que nos proporcione este tiro, usamos la siguiente ecuación:

$$\text{Tiro} = 0{,}52\ LP\left(\frac{1}{Ta} - \frac{1}{Tg}\right)$$ (Fórmula tomada de Steam Its Generation And Use)

Se tiene:

Tiro en pulgadas de agua

L = Altura de la chimenea, pies (cámara)

P = presión atmosférica en libras por pulgada cuadrada

Temperatura absoluta del aire atmosférico = Ta

Temperatura absoluta del aire caliente, promedio = Tg

se tiene que $$L = \frac{\text{Tiro}}{0{,}52\ P\ (1/Ta - 1/Tg)} = \frac{0{,}0623}{0{,}52\ (14{,}7)(1/540-1/2067)}$$

L = 5,96 pies (L = 1,85 metros)

Puesto que aquí se ha tomado un tiro teórico, es necesario escoger un factor para tomar en cuenta la fricción de la cámara. Se aconseja un factor de 3. Por lo tanto la altura de la cámara será de 5,55 metros. Puesto que el volumen total de la cámara regenerativa es 62,7 metros cúbicos; el ancho de la cámara es 2,20 metros; el largo de la cámara es 5 metros.

XIV. CALCULO DE LOS LADRILLOS DEL RODEBRADOR.-

a). Se tiene tres paredes de 600 x 546 centímetros o 236 x 216 pulgadas. Según la dimensión de la pared de 236 pulgadas, se necesitan, 9x4½x2½ pulgadas) 53 ladrillos y un ladrillo de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas. Según la dimensión de 216 pulgadas; y usando en ese sentido la dimensión del ladrillo 2½ pulgadas, se necesital 86 filas del ladrillo anterior. El total de ladrillos en unn pared es :

86 ladrillos de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas.

86(53) = 4558 ladrillos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas. Puesto que son tres paredes de estas dimensiones, los ladrillos necesarios serán:

86(3) = 258 ladrillos de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas.

4558(3) = 13674 ladrillos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas

b) Se tiane dos paredes de 186 x 470 centímetros o 73 x 185 pulgadas. Se necesitan, para estas paredes, según la dimensión de 73 pulgadas, 15 ladrillos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas y un ladrillos de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas. Según la dimensión de 185 pulgadas, se necesitan 74 hileras de los ladrillos anteriores, usando en este sentido la dimensión de 2½ pulgadas del ladrillos; por lo tanto el número de ladrillos por pared es:

74 ladrillos de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas.

74(15) = 1100 ladrillos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas.

Dado que son dos paredes de igual dimensión, el número total de ladrillos es:

74(2) = 148 ladrillos de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas.

1100(2) = 2200 ladrillos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas.

c) Una pared de 464 x 591 centímetros o 183 x 233 pulgadas. Según la dimensión de 183 pulgadas, se necesitan 39 ladrillos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas y un ladrillo de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas; según la dimensión 233 pulgadas, se necesitan 93 filas de los anteriores ladrillos. Por lo tanto el número de ladrillos a usar en esta pared son:

93(39) = 3627 ladrillos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas.

93 ladrillos de 9 x 6¾x2½ pulgadas.

En las paredes del regenerador se usará ladrillos tipo Fireclay Brick. Según el Catálogo A. P. Green se ha seleccionado el ladrillo denominado "CLIPPER Super Duty Fire-Clay Brick" que cumple con las especificaciones que los refractarios deben reunir para trabajar en esta parte del regenerador.

XIV-1 CALCULO DE LOS LADRILLOS DE LA CORONA DEL REGENERADOR.- Las coronas del regenerador tienen las siguientes dimensiones:

Luz = 183 centímetros o 72 pulgadas

Radio de la corona = 183 centímetros o 72 pulgadas.

Angulo central = 60 °

Espesor = 9 pulgadas o 23 centímetros.

Los ladrillos utilizados en la corona del regenerador son del mismo tipo de los usados en las paredes del mismo. Según el catálogo de A. P. Greeen, página 73, se necesitan 15 ladrillos tipo cuña de 9 x 4½ x (2½-1 7/8) pulgadas y 19 ladrillos tipo recto de 9 x 4½ x 2½ pulgadas. en la dirección radial. Según la dirección longitudinal de la corona se necesitan, por hilera, 53 ladrillos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas y un ladrillo de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas

El número de ladrillos tipo cuña que entran en la corona es de:

53(15) = 795 ladrillos tipo cuña de 9 x 4½ x (2½- 1 7/8) pulgadas.

15 ladrillos tipo cuña de 9 x 6¾ x (2½-1 7/8) pulgadas. Puesto que son cuatro coronas; el número total de ladrillos tipo cuña son:

795(4) = 3180 ladrillos tipo cuña de 9 x 4½ x (2½-1 7/8) pulgadas.

15(4) = 60 ladrillos tipo cuña de 9 x 6¾ x (2½-1 7/8) pulgadas.

El número de ladrillos rectos que entran en la corona son:

19(53) = 1007 ladrillos rectos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas.

19 ladrillos de tipo recto de 9 x 6¾ x 2½ pulgadas.

Puesto que son cuatro coronas se tiene:

4(1007) = 4028 ladrillos rectos de 9 x 4½ x 2½ pulgadas.

4(19) = 76 ladrillos rectos de 9 x 6⅝ x 2½ pulgadas.

XIV-2. CALCULO DE LOS LADRILLOS DEL "CHECKER". El "checker" ocupa un volumen de 37,2 metros cúbicos o 1313,76 pies cúbicos. Los ladrillos a usarse son de 9 x 4½ x 2½ pulgadas. Las dimensiones del "checker" son 183 x 340 x 600 centímetros o 72 x 134 x 233 pulgadas. Por lo tanto se necesitan 26 ladrillos en la dirección de 233 pulgadas y 16 filas en la dirección de 72 pulgadas; en la dirección de 134 pulgadas se necesitan 26 capas de los ladrillos antes nombrados. El número total de ladrillos es de 26(16)(26) = 10816, según esta disposición. Según la otra disposición se necesitan: 8 ladrillos en la dirección de 72 pulgadas, 26 ladrillos en la dirección de 134 pulgadas, y 53 capas en la dirección de 233 pulgadas. El número toal de ladrillos en esta disposición es de 8(53)(26) = 11024 ladrillos. El número total de ladrillos en el "checker" es: 10816 + 11024 = 21840 ladrillos.

XIV-3. CALCULO DEL PESO DE LOS LADRILLOS DEL REGENERADOR.- El peso especifico promedio de los ladrillos es de 2,4 gramos por centímetro cúbico. El ladrillo 9 x 4½ x 2½ pulgadas tiene un volumen de 101,25 pulgadas cúbicas o 1660 centímetros cúbicos; el peso de este ladillo es 4 kilogramos o 8,8 libras. El ladrillo 9 x 6⅝ x 2½ pulgadas tiene un volumen de 152 pulgadas cúbicas o 2500 centímetros cúbicos; cuyo peso es 6 kilogramos o 13,2 libras.

Los ladrillos 9 x 4½ x 2½ son entotal 45869

Los ladrillos 9 x 6⅝ x 2½ son en total 575.

Peso de los 45869 = 45869(4) = 183476 kilogramos o 403647,2 libras.

Peso de los 575 = 575(6) = 3450 kilogramos o 7590,0 libras.

Peso total..... .....186920 kilogramos o 411273,2 libras.

XV.CALCULO DE LA COMPOSICION DEL HORMIGON.- Para efectuar el cálculo de la composición del hormigón, se empleará la siguiente nomenclatura:

C, A, a., son los pesos de cemento, áridos y agua que entran en un pie cúbico de hormigón.

γ_C = peso específico del cemento.

γ_A = peso específico de los áridos.

F = factor agua cemento.

V_p = volumen de poros en una unidad de volumen.

ton = toneladas

Lb = libras.

Con C Lb de cemento más A Lb. de áridos más a Lb. de agua, salen H pies cúbicos de hormigón sin poros.

$$H = C/\gamma_c + A/\gamma_A + a/\gamma_a \qquad (XV-1)$$

γ_C = 193,1 Lb/pie cúbico

γ_A = 165,1 Lb/pie cúbico

γ_a = 62,4 Lb/pie cúbico

a = FC. Siendo el factor agua-cemento F = 0,40 a 1,0, se tiene

$$H = (0,00467 + 0,016\ F)\ C + 0,00605\ A \qquad (XV-2)$$

Con el valor medio F = 0,6 se tiene:

$$H = 0,0142\ C + 0,00605\ A \qquad (XV-3)$$

En un pie cúbico de hormigón fresco hay C_1 = C/H libras de cemento, A_1 = A/H libras de áridos, y a_1 = F C_1 libras de agua. Un pie cúbico de hormigón fresco pesa:

$$\gamma_H = C_1 + A_1 + a_1 \qquad (XV-4)$$

Al evaporarse el agua que no se combina químicamente y que vale: F'= F - 0,28, se produce un volumen de poros $V_p = F'C_1$ y una disminución del contenido de agua a'= 0,28 C. El peso de la unidad de volumen puede disminuir así en :

$$\gamma_H' = C_1 + A_1 + a_1' = \gamma_H - V_p \qquad (XV-5)$$

Para un pie cúbico de hormigón fresco, que ha de contener C_1 libras de cemento se necesitan A_1 libras de áridos. Según la ecuación XV-2 se tiene:

$$H_1 = 1 = (0{,}0046 + 0{,}016\ F)\ C_1 + 0{,}00605\ A_1 \qquad \text{(XV-6)}$$

y de aquí;

$$A_1 = 165 - (7{,}72 - 2{,}64\ F)\ C_1 .$$

Dosificación:

Se desea dosificar un Hormigón en peso 1:6 (es decir una parte de cemento más seis partes de áridos con 8 por ciento en peso de agua)

$A_1 = 6\ C_1$; $\quad a_1 = 0{,}08\ (C_1 + A_1)$

$a_1 = 0{,}08(7)C = 0{,}56\ C_1$

$F = a_1 / C_1 = 0{,}56$

Por la ecuación XV-6 se tiene:

$H_1 = 1 = (0.\ 0046 + 0{,}016 \times 0{,}56)\ C_1 + 0{,}00605\ (6\ C_1)$; despejando C_1 se tiene:

$$C_1 = \frac{1}{0{,}04466} = 22{,}4 \text{ libras por pie cúbico.}$$

Por lo tanto un pie cúbico de hormigón contiene 22,4 libras de cemento.

$A_1 = 6(22{,}4) = 134{,}4$ libras

$a_1 = 0{,}56(22{,}4) = 12{,}54$ libras

El pie cúbico de hormigón fresco contiene 22,4 libras de cemento, 134,4 libras de áridos, y 12,54 libras de agua. Con la ecuación XV-4 se tiene:

$$\gamma_H = 22{,}4 + 134{,}4 + 12{,}54 = 169{,}34 \text{ libras por pie cúbico.}$$

Con la evaporación el agua disminuye, quedando reducida a:

$a' = 0{,}56 - 0{,}28 = 0{,}28$; los poros son:

$V_p = 0{,}28(22{,}4) = 6{,}275$ pies cúbicos. El hormigón ya seco, según la ecuación XV-5 es:

$\gamma'_H = 169{,}4 - 6{,}275 = 162{,}6$ libras por pie cúbico.

XVI. CALCULO DE COMBUSTION.- En esta sección se resumen los cálculos de combustión efectuado en el Anexo P, se habla de los principios en que se basa la combustión y además se trata de los combustibles.

XVI-1. PRINCIPIOS EN QUE SE FUNDA LA COMBUSTION.- Los principio involucrados en el desarrollo de calor mediante la combustión, generalmente aceptados como autorizados, fueron propugnados por Berthelot. Su segunda ley, aplicada a la combustión en hornos es de interés y puede ser enunciada como sigue:

"En un horno, donde no se ha hecho trabajo mecánico, la energía calorífica desarrollada de la unión de los elementos combustibles con oxígeno depende de los últimos productos de la combustión y no de las combinaciones intermedias que pueden ocurrir para alcanzar el resultado final.

La combustión que tiene lugar en horno de fundir vidrio plano para ventana, está regida por la ley antes enunciada; ya que en este horno, durante la combustión, no se efectúa ningún trabajo mecánico. Es necesario, para una mejor compresión del fenómeno de combustión desarrollado en un horno de fundir vidrio plano para ventana, hacer un estudio de cada uno de lo elementos que intervienen para la obtención de la energía calorífica necesaria para la fusión del vidrio, desarrollada de la unión del combustible (en muestro proceso residuo Nº 6 y gas) y el oxígeno (aire).

a) Calor de Combustión.- El calor de combustión o el valor calórico, es la cantidad de calor, expresado en Btu o calorías, generado en la combustión completa de una unidad de peso de combustible. La cantidad de calor así generada es una constante para cualquier combinación de combustible y compuesto, y de acuerdo con la segunda ley de Berthelot, no es afectada por la manera como tiene lugar la combustión, cuando ésta es completa.

Para determinar el valor calórico de cualquier combustible, el método adoptado universalmente muy satisfactorio es el de medir directamente, en un calorímetro, el calor desarrollado en la combustión de dicho combustible. Para combustibles sólidos y algunos líquidos se usa el método de combustión a volumen constante, que da resultados excelentes. En estos calorímetros la combustión es completa, todo el calor generado es absorbido y medido, y el calor de fuentes extrañas puede ser excluído con factores de corrección apropiados.

Aunque es adecuado, por exactitud, determinar el valor calórico de un combustible por el método del calorímetro, valores aproximados de los valores calóricos pueden ser determinados por el análisis químico de ciertos combustibles, mediante la fórmula de Dulong:

$$\text{Btu/libra} = 14{,}544\ C + 62{,}028\ \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 4050\ S \qquad \text{(XVI-1a)}$$

En esta fórmula, los símbolos representan las partes en peso de los constituyentes del combustible (C es carbón, H es hidrógeno, O oxígeno, S asufre) establecido por el análisis químico; los coeficientes representan el valor calórico aproximado de los constituyentes en Btu por libra. El término $O_2 / 8$ es una corrección aplicada al hidrógeno en el combustible, tomando en cuenta el hidrógeno ya combinado con el oxígeno en forma de humedad. La fórmula no es adecuada para el cálculo del valor calórico de gases combustibles.

b) Valor Calórico Alto y Bajo.- Muchos de los combustibles comerciales contienen hidrógeno como uno de los constituyentes, y agua se forma como producto de la combustión cuando el hidrógeno es quemado en el aire. Esta agua puede permanecer en estado de vapor, o puede condensarse hasta el estado líquido, dando un valor calórico distinto.

En la determinación del valor calórico por unidad de peso de un determinado combustible, dos valores pueden ser reportados: alto y bajo. Para determinar el valor calórico alto, se asume que cualquier vapor de agua formado por la composición del constituyente hidrógeno es todo condensado y enfriado a la temperatura inicial en el calorímetro al iniciar la prueba. Por lo tanto el calor de vaporización del agua está involucrado en el resultado final del valor encontrado en laprueba. Para el valor calórico bajo, o valor neto, se asume que el vapor de agua no condensa y que todos los productos de la combustión permanecen en estado gaseoso.

El valor calórico alto está dado en el laboratorio usando equipo adecuado, según las especificaciones de la ASTM. El valor calórico bajo es difícil de determinar. Este calor que algunas veces se lo requiere para los cálculos de combustión se lo obtiene a partir del valor calórico alto, usando la siguiente ecuación[17]:

$$Q_L = Q_h - 1040\ w \qquad \text{(XVI-2b)}$$

Donde:

Q_L = valor calórico bajo del combustible, Btu/libra.

Q_h = valor calórico alto del combustible, Btu/libra.

w = libras de agua formada por libra de combustible.

1040 un factor usado frecuentemente para reducir valor calórico alto a 60 grados fahrenheit y volumen constante a valor calórico bajoa presión constante.

c). El Aire.- Teóricamente, se asume fácilmente que el oxígeno necesario para la combustión está presente para la combinación con el combustible y que la temperatura necesaria para la combustión puede ser obtenida. Sin embargo, aunque es fácil obtener la temperatura necesaria para la combustión del combustible, el problema más difícil

e importante para lograr la combustión total del combustible es la manera de introducir el oxígeno necesario para la oxidación completa y al mismo tiempo asegurar la utilización de todo o una máxima proporción del oxígeno suministrado.

Generalmente, la producción de calor, el oxígeno requerido para la combustión, se lo suministra mediante el uso del aire atmosférico, y los otros constituyentes del aire actúan como diluyentes.

El aire atmosférico es una mezcla de oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua, argón y otros gases inertes. Generalmente se asume que todos los gases inertes están contenidos en el nitrógeno como también el dióxido de carbono; por lo tanto el aire puede ser considerado como formado por un 23,15 por ciento de oxígeno O_2, y 76,85 de nitrógeno N_2, en peso.

Los valores aceptado de nitrógeno y oxígeno del aire son :

	Porcentaje en peso	porcentaje en vol.
Oxígeno, O_2.	23,15	21,00
Nitrógeno, N_2.	76,85	79,00

d) Temperaturas de Inflamación.- Cada combustible tiene una mínima temperatura de ignición, la cual puede ser obtenida o sobrepasada, en presencia de oxígeno, si la combustión es sobre llevada bajo condiciones adecuadas. La temperatura de inflamación puede ser definida como la temperatura a la cual más calor es generado por la reacción, que es perdido hacia el exterior, y la combustión en sí mismo se logra. La temperatura de ignición depende de algunos factores; tales como la presión. Generalmente bajando la presión se incrementa la temperatura de inflamación.

e). Cálculos de Combustión.- El propósito de los cálculos de combustión es determinar: 1) la cantidad de constituyentes involucrados en la combustión (reactivos), 2) el calor liberado en la combustión,

y 3) la eficiencia de los procesos de la combustión bajo condiciones ideales y prácticas.

f).- Aire Requerido para la Combustión completa.- El aire requerido para la combustión completa de un determinado combustible, se lo expresa generalmente en libras cuando el combustible es sólido o líquido. En cambio cuando el combustible es gaseso se lo expresa en pies cúbicos.

El aire requerido para la combustión completa, de una libra de combustible sólido o líquido se encuentra por diferentes métodos. Uno de ellos consiste en la sustitución de los porcentajes en peso de los varios elementos obtenidos del análisis del combustible, en la ecuación siguiente[17]:

$$\text{Libras de aire por libra de combustible} = \frac{34,56}{100}\left|\frac{C}{3} + \left(H - \frac{O}{8}\right) + \frac{S}{8}\right| \qquad \text{(XVI-3f)}$$

Otro método de calcular la cantidad de aire requerida para la combustión de una libra de combustible, es mediante el uso de las ecuaciones químicas. Generalmente, en este método, es conocer el análisis químico del combustible indispensable; se procede a equilibrar la ecuación química, entre reactivos y productos de la combustión, haciendo para ello los balances de masas, para lo que debe haber el mismo número de átomos de cada sustancia en cada miembro de la ecuación. Los coeficientes desconocidos se determinan por medio de este balance de masas. Después de hallar todos los coeficiente, se tiene la ecuación equilibrada; resultando ahora fácil el cálculo de la cantidad de aire necesaria para la combustión de una libra de combustible, la relación aire combustible, los pesos de los productos de la combustión, el volumen real de los productos de la combustión, et.

g) Analisis de los Gases de la Combustión.- El análisis de los gases de la combustión tiene mucha importancia por diferentes aspectos, entre los que se destacan el conocimiento del proceso de la combustión, como también la posibilidad de conocer de calor que mediante los gases se operan.

Todos estos pricipios generales de combustión son aplicables para el estudio de la combustión en un horno de fundir vidrio de ventana.

XVI-2.- Combustibles.- Las principales fuentes de energía calorificas son : el petróleo, gas natural, carbón, electricidad. Cualquiera de estos combustibles antes nombrados, inclusive la energía eléctrica, pueden ser usados para fundir el vidrio de ventana. Es importante hacer una selección adecuada del combustible a ser usado para este fin; por lo tanto el combustible debe ser económico, limpio y de alto valor calórico.

El aceite combustible (fuel Oil) es un magnífico combustible para la fusión del vidrio de ventana. Como sabemos los aceites combustibles son derivados de la refinación del petróleo y se clasifican de acuerdo con las especificaciones de la ASTM en grados tomando en consideración su densidad y viscosidad. El aceite combustible más ligero es el grado Nº 1, los más pesados el grado Nº 5 y Nº 6.

Debido a su costo relativamente bajo, en relación con los demás combustibles, alto valor calórico, el aceite combustible Nº 6 es el más ampliamente usado en los hornos de fundir vidrio de ventana. Su contenido de ceniza está alrededor del 0,01 al 0,5 por ciento, el cual es relativamente bajo comparado con el carbón. El uso del aceite combustible en la industria del vidrio plano presenta, además, las ventajas de fácil manipulación, fácil almacenaje;

al ser quemado no forma depósitos grandes de ceniza y la poca que se forma es fácilmete evacuada por la chimenea sin contaminar el aire atmosférico lo que es muy ventajoso para el vecindario.

A continuación se detallan ciertas características importantes de los aceites combustibles, como también se explica los usos de cada uno de ellos.

Grado Nº 1. Aceite combustible destilado para uso en quemadores que requieren de este grado espevial.

Grado Nº 2. Combustible destilado para uso doméstico en quemadores que no requieren el grado Nº 1.

Grado Nº 4. Combustible para quemadores de instalaciones que no tienen facilidades de precalentamiento.

Grado Nº 5. Aceite combustible tipo residual para quemadores de instalaciones que cuentan con facilidades de precalentamiento.

Grado Nº 6. Combustible para uso en quemadores equipados con precalentadores que permiten dar una alta viscosidad al combustible.

La tabla Nº 10 nos indica las características de los aceites combustibles.[18]

Debido a la variación en los constituyentes de los diferentes aceites combustibles y de los diferentes métodos de refinamiento usados, las diferentes densidades relativas API. y los valores calóricos de los diferentes grados del aceite combustible cubren un amplio rango en cada grado. La gravedad específica API., generalmente usada para indicar el peso específico de un aceite combustible, se la obtiene por la siguiente fórmula en el cual el término peso específico a 60/60 F. indica la razón del peso de un volumen dado de aceite combustible a 60 grados fahrenheit a otro peso del mismo volumen de agua a 60 grados fahrenheit:

TABLA Nº 10

CARACTERISTICAS DE LOS ACEITES COMBUSTIBLES
(Tomada del libro Steam Its Generation and Use)

Grado del Combustible	1	2	4	5	6
punto de inflamación grados fahrenheit	100	100	130	130	150
Punto de Fluidez grados Fahrenheit	0	20	20	-	-
Sedimento de agua (máxima) %	Traza	0,10	0,50	1,00	2,00
Residuos de carbón en 10% (Máx) %	0,15	0,35	-	-	-
Ceniza % peso	-	-	0,10	0,10	-
Temp. Destilación F.					
Punto 10%	420	-	-	-	-
Punto 90%	-	675	-	-	-
Punto final	625	-	-	-	-
Viscosidad Saybolt					
Universal 100 F.(Máx)	-	40	125	-	-
Universal 100 F.(Mín)	-	-	45	150	-
Furol 122 F. (Máx.)	-	-	-	40	300
Furol 122 F. (Mín)	-	-	-	-	45
Cinemática Centistokes					
a 100 F. (Máx)	2,2	(4,3)	(26,4)	-	-
a 100 F (Mín)	1,4	-	(5,8)	(32,1)	-
a 122 F. (Máx)	-	-	-	(81)	(638)
a 122 F. (Mín)	-	-	-	-	(92)
Densidad API (Mín)	35	26	-	-	-

$$\text{Grado API} = \frac{141,5}{\text{Peso específico a } 60/60\ F.} - 131,5$$

El peso API del agua a 60 F. es 1,0. La relación entre el peso API. y el valor calórico se muestra en la tabla Nº 11. Los grados Nº 1 y Nº 2, los cuales son destilados se usan especialmente en servicio doméstico; mientras que los grados Nº 5 y Nº 6 se usan en fines industriales. El grado nº 6 requiere precalentamiento para poder ser usado en los quemadores a igual que para ser bombeado, en cambio el Nº 4 no requiere precalentamiento y puede ser quemado satisfactoriamente en un número ilimitado de quemadores.

Los combustibles nº 5 y 6 contienen residuos del proceso de destilación del petróleo crudo. El aceite combustible Nº 4 consiste casi totalmente de productos pesados de la destilación, pero contiene grado residual. Los residuos pueden ser clasificados como residuos de destilación directa, de vacío instantáneo, y residuo reformado.

XVI-3. CALENTAMIENTO DE LOS POZOS FOURCAULT.- Además de la operación de fundición del vidrio, la cual tiene lugar en la cámara de fundición del horno, mediante los quemadores instalados para este objeto y que en la presente instalción consta de dos, los cuales queman el aceite combustible, tipo residual, grado Nº 6 calculado; existe la operación, denominada calentamiento de los Pozos fourcault; peración previa a la iniciación del proceso de estiramiento de la hoja de vidrio de ventana. Esta operación de calentamiento de los pozos fourcault, tiene por objeto llevar el vidrio fundido a una temperatura uniforme y evitar así la desvitrificación debida al enfriamiento de las capas inferiores del pozo, permitiéndole al vidrio fluir libremente y así poder sacarlo del pozo y empezar la formación de la banda de vidrio una vez que ha sido impulsada a través del debiteuse o proveedora.

TABLA Nº 11

PESO API Y VALOR CALORICO DE LOS GRADOS DE LOS ACEITES COMBUSTIBLES.

(Tomados de ASHVE Guide and Data Book)

Grado Nº	Peso API Aproximado	Peso libras por galón	Valor Calórico Btu por galón
1	38-45	6,951-6,675	137.000-132.900
2	30-40	7,296-6,870	141.800-135.800
4	12-32	8,212-7,206	153.300-140.600
5	8-20	8,448-7,778	155.900-148.100
6	6-16	8,571-7,882	157.300-149.400

El calentamiento de los pozos fourcault se efectúa mediante quemadores de gas portátiles que se colocan desde fuera del pozo.

Los debiteuses o proveedoras que se sumergen en los pozos fourcault y que proveen el vidrio a la máquina fourcault para efectuar el estiramiento, tienen una vida corta de operación, de 60 a 90 días. Cuando el debiteuse es deteriorado por el trabajo, debe ser reemplazado por otro nuevo; para esto es necesario que el debiteuse de repuesto esté a una temperatura alrededor de la temperatura del pozo. Para lograr mantenerlo a esta temperatura al debiteuse, se lo hace permanecer en una archa de calentamiento. El calor suministrado a la archa de calentamiento se lo obtiene mediante la combustión de gas.

Una vez que la banda de vidrio ha salido del debiteuse, comienza su ascenso a través de los rodillos de la máquina fourcault. En este punto es necesaria pulirala, lo cual se hace con el empleo de un par de quemadores de gas que se colocan a la altura de los primeros rodillos de la máquina fourcault.

El gas a usarse para los fines antes explicados, es el gas propano, denominado gas licuado de petróleo, que se lo obtiene del gas natural que acompaña al petróleo en su yacimiento y que es separado adecuadamente de los gase más ligeros que existen en el gas natural. El gas propano tiene un valor calórico entre 2500 y 3200 Btu por pie cúbico. Su distribución en el comercio se hace meddánte embotellamiento en cilindros de acero y mediante carros ranques; el almacenamiento en las industrias se hace mediante tanques aislados de acero.

XVI-3 CALCULO DE COMBUSTION.- Una de las primeras cosas que se debe determinar en todo cálculo de combustión, es la cantidad de aire teórico requerida para quemar el combustible seleccionado.

Para esto es necesario primero conocer el análisis gravimétrico del combustible. En la presente instalación se usará residuo Nº 6, cuyo análisis gravimétrico es[18]: Hidrógeno 13 por ciento, Oxígeno 0,38 por ciento, nitrógeno0,02 por ciento, Carbono 86,14 por ciento, asufre 0,22 por ciento.

XVI-3a. Productos de La Combustión.- Los productos de la combustión se los determina por medio del análisis de los gases de la combustión lo cual se logra por diferetes aparatos destinados para este propósito, entre los cuales se destaca el Orsat; en igual forma se pueden determinar los productos de la combustión mediante la forma analítica por medio de las ecuaciones químicas de la combustión. Así tenemos que los productos de la combustión de l residuo Nº 6 son; Dióxido de carbono CO_2, Vapor de agua H_2O, Nitrógeno N_2, anhídrido sulfuroso SO_2.

XVI-3b. Peso de los productos de la combustión.- El peso de los productos de la combustión es necesario determinar debido a que mediante el conocimiento exacto de estas cantidades se pueden dimensionar las diferentes partes del horno de fundir vidrio de ventana; tales como los conductos transportadores de los gases quemados, la chimenea, etc.

Los cálculos sobre el peso de los gases de la combustión en la presente instalación están realizados en detalle en el Anexo P. Aquí se da un resumen:

El peso de CO_2 es de 3,161 libras por libra de combustible; el peso de H_2O es de 1,190 libras por libra de combustible, el de N_2 es de 11,02 libras por libra de combustible. (Ver Anexo P).

XVI-3c. Cantidad de Aire Requerida para la Combustión.- Una vez realizado los cálculos del peso de los productos de la combustión; se procede a calcular la cantidad de aire necesario para la combustión del residuo Nº 6. Este cálculo se lo realizó por medio del método de las ecuaciones químicas.

Empleando este método se encontró que es necesario 14,47 libras de aire por libra de combustible para obtener el aire ideal teórico para lograr la combustión completa del combustible Nº 6. (Ver Anexo P).

XVI-3d. Volumen de los Productos de la combustión.- Otro dato importante en el diseño del Horno de fundir vidrio de ventana, es el volumen de los productos de la combustión. Esto se calcula fácilmente mediante la conocida relación de Física: volumen igual al peso dividido para la densidad. Siguiendo este procedimiento para cada uno de los productos de la combustión se tiene: volumen de CO_2 es 27 pies cúbicos por libra de combustible; volumen de N_2 es 149,1 pies cúbicos por libra de combustible; volumen de SO_2 es 0,0254 pies cúbicos por libra de combustible; Volumen de H_2O 25 pies cúbicos por libra de combustible. (Ver Anexo P).

XVI-3e. Calor específico de los Productos de la Combustión.- El calor específico de los productos de la combustión ha sido determinado ya que constituye una constante importante para determinar las pérdidas que se originan por la chimenea. El calor específico de los productos de la combustión en el presente etudio es 0,2542 Btu por libra y por grado fahrenheit. (Ver Anexo P)

XVI-3f.- Peso Específico de los Productos de la Combustión.- Dentro de los cálculos distintos del diseño del horno con mucha frecuencia se utiliza el peso específico de los productos de la combustión.

El peso específico de los productos de la combustión de residuo Nº 6 es 0,0764 libras por pie cúbico. El peso total de los productos de la combustión de este combustible es 15,3754 libras por libra de combustible.

XVI-3g. CALOR DE mantenimiento.- El calor de mantenimiento, es el calor necesario que se debe introducir en el horno para mantener la temperatura adecuada para la fusión del vidrio de ventana.

Para lograr este propósito, en el presente estudio, se necesitan 10.512.000 Btu por hora (Ver Anexo P).

XVI-3h. Calor necesario para fundir el vidrio.- Una vez que el vidrio ha llegado a la temperatura en que se opera el cambio de estado, paso de sólido a fluído, se necesita un calor adicional para la transformación del estado del vidrio y que es determinado experimentalmente; este calor es el calor de fusión del vidrio y que en promedio para el vidrio de ventana es de 1100 Btu por libra de vidrio [16]. El calor calculado para fundir el tonelaje en nuestra fábrica es de 1.998.333 Btu por hora.

XVI-3i. Calor Total.- El calor total que se debe introducir al horno para lograr la operación de fusión y mantenimiento es de 12.510.333 Btu por hora (Ver detalles de cálculo en el Anexo P).

XVI-3j.- Cálculo del combustible a introducir.- Para obtener el calor anteriormente calculado, que deberá ser introducido en el horno de fusión de vidrio, es necesario quemar el correspondiente combustible. En el presente caso el residuo Nº 6, que tiene las siguientes características:

Valor calórico alto = 152.000 Btu por galón.

Peso del combustible = 8,108 libras por galón.

De acuerdo con esto y los correspondientes cálculos, se ha determinado que el combustible necesario para producir las 12.510.333 Btu por hora, es de 82,5 galones o 668 libras por hora. (Ver Anexo P).

XVI-3k. Selección de los quemadores.- La selección de los quemadores ha instalarse en el horno de fundir vidrio de ventana, se ha realizado de acuerdo con las especificaciones del Catálogo Nº 456 de Hauck Ventury High Pressure Atomizing Oil Burners. De acuerdo con el catálogo antes nombrado, para quemar los 82,5 galones de residuo Nº 6 en una hora se requiere un quemador cuyo flujo máximo es de 90 galones

por hora y su flujo mínimo es de 20 galones por hora, a una presión de aire de atomización de 60 libras por pulgada cuadrada.

Los quemadores que se instalarán en el horno de fundir vidrio de ventana, son dos que funcionarán alternativamente, situados en la lumbreras que conectan la cámara de fundición con la cámara regenerativa. Estos quemadores de aceite combustible trabajan de acuerdo como lo hace el correspondiente regenerador. La inversión del aire en los regeneradores se hace cada 20 o 30 minutos; por lo tanto el encendido de cada quemador está sujeto a ese intervalo de tiempo. Cabe indicar que estos dos quemadores son los únicos que existen en el horno de fundir vidrio, con exención de los pequeños quemadores de gas que sirven para pulir la hoja de vidrio y que están colocados en los primeros rodillos de la máquina fourcault.

La cantidad de aire requerida para la atomización del combustible se la calcula tomando en consideración el quemador seleccionado de acuerdo con las especificaciones del fabricante. En la presente selección se ha hecho de acuerdo con el Catálogo que se empleó para seleccionar el quemador de aceite combustible. Este aire es de 178,125 pies cúbicos por minuto. (Ver Anexo P)

CVII. CALCULO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL VIDRIO.- El cálculo de las principales propiedades físicas del vidrio de ventana se hizo en base de la composición química del mismo.

Composición química del vidrio de ventana.- El vidrio de ventana que se fabricará en la presente Planta tiene la siguiente composición:[19]

SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	SO_3
71,25 %	0,65 %	9,90 %	2,40 %	14,90 %	0,7 %

Expansión Térmica.- El coeficiente de expansión térmica se ha calculado en base a la composición química del vidrio. El coeficiente de este vidrio es 85,2385 unidad de longitud por unidad de longitud por grado centígrado. (Ver Anexo Q sección 1).

Conductibilidad Térmica.- La conductibilidad térmica de un vidrio puede ser calculada a partir de la composición química del vidrio. Siguiendo este procedimiento se ha obtenido el valor de 0,00294 unidades c.g.s. (cal-cm/cm^2-seg.-°C.) (Ver Anexo Q. Sección 2)

Calor específico del vidrio.- El calor específico del vidrio de ventana queda definido por la ecuación:

$$C_m = \frac{0,000631\ t + 0,17546}{0,00146\ t + 1} \quad (cal/gm/°C.)$$

Donde C_m es el calor específico del vidrio y t es la temperatura (Ver detalles de cálculo en el Anexo Q. Sección 3).

Densidad del vidrio.- La densidad del vidrio se la puede determinar a partir de la composición del vidrio. El valor calculado para este vidrio de ventana es 2,395 gramos por centímetro cúbico. (Ver Anexo Q sección 4)

XVIII.-CALCULO DE LOS OXIDOS DE LA MATERIA PRIMA DEL VIDRIO.- Es muy importante conocer la cantidad de cada uno de los óxidos que contiene la materia prima de las más usadas en la fabricación del vidrio. En la siguiente tabla se resumen los cálculos de la materia prima con los óxidos que suministran. (Ver Anexo R Para detalles de cálculo)

Material	Fórmula Teórica	Oxido Suministrado.	Fracción	Cantidad de material por libra de óxido.
Alúmina	Al_2O_3	Al_2O_3	1,000	1,000
Alúmina hidratada	$Al_2O_3.3H_2O$	Al_2O_3	0,654	1,531
Feldespato	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	Al_2O_3	0,180	5,556
		SiO_2	0,680	———
		K_2O	0,130	———
Cianita	$Al_2O_3.SiO_2$	Al_2O_3	0,567	1,763
		SiO_2	0,433	———
Caolín	$Al_2O_3.2H_2O.2SiO_2$	Al_2O_3	0,395	2,570
		SiO_2	0,465	———
Bórax	$Na_2O.2B_2O_3.10h_2O$	B_2O_3	0,365	2,738
		Na_2O	0,163	6,135
Bórax anhidro	$Na_2O.2B_2O_2$	B_2O_3	0,692	1,445
		Na_2O	0,308	3,245
Carbonato de calcio	$CaCO_3$	CaO	0,560	1,786
Cal dolomítica	CaO.MgO	CaO	0,582	1,720
		MgO	0,418	2,390
Dolomita	$CaO.MgO.2CO_2$	CaO	0,304	3,290
		MgO	0,218	4,580
Cal hidratada	$CaO.MgO.2H_2O$	CaO	0,424	2,363
		MgO	0,304	3,290

Material	Fórmula química teórica	Oxidos Suministrados	Fracción	Cantidad de Material Por libra de óxido
Litargirio	PbO	PbO	1,000	1,000
Hidróxido de Potasio	KOH	K_2O	0,638	1,194
Arena	SiO_2	SiO_2	1,000	1,000
Sulfato de sodio	Na_2SO_4	Na_2O	0,437	2,290
Carbonato de sodio	Na_2CO_2	Na_2O	0,585	1,707

Todos estos cálculos son basados en la fórmula teórica del mineral. En la práctica es necesario hacer el análisis química de cada mineral. El término Fracción, empleado en esta tabla es la relación que existe entre el peso molecular del óxido y el peso molecular del compuesto que suministra el óxido; y nos indica la cantidad de óxido suministrado por cada libra de mineral.

XIX. CALCULO DE LA MATERIA PRIMA A BASE DE LA FORMULA QUIMICA DEL VIDRIO, CUANDO SE CONOCE EL PORCENTAJE EN PESO.- Para obtener los porcentajes de cada uno de los óxidos, que especifica la fórmula del vidrio de ventana, es necesario introducir las materias primas adecuadas que suministren únicamente los óxidos deseados; por ejemplo el fedeàpato, $Al_2O_3.Na_2O.6SiO_2$, nos proporciona los óxidos SiO_2 y Na_2O, que se requieren según la fórmula de vidrio de ventana por el proceso fourcault.

Para realizar el cálculo se toma como base 100 libras de vidrio a obtener, por lo tanto todos los porcentajes, pedidos en la fórmula se los toma como las libras necesarias de óxido para obtener las 100 libras de vidrio.

A continuación se ha calculado primero las libras de óxido de aluminio, Al_2O_3, que se lo obtiene del feldespato, $Al_2O_3.Na_2O.6SiO_2$, según la composición del vidrio de ventana se requieren 0,65 libras de Al_2O_3, las que se obtiene introduciendo 3,614 libras de feldespato. Además este compuesto suministra 2,4572 libras de SiO_2 y 0,4692 libras de Na_2O.

Para obtener las 71,25 libras de SiO_2 se usa arena SiO_2; pero como el feldespato ya nos suministra 2,4572 libras de SiO_2, únicamente se requiere 68,7928 libras de arena en la mezcla.

Las 0,70 libras de SO_3 requeridas se la obtiene del sulfato de sodio. Este compuesto, Na_2SO_4, con 1,239 libras nos da las 0,70 libras de SO_3. Además suministra 0,5414 libras de Na_2O.

Las 14,90 libras de Na_2O requerido se lo obtiene del carbonato de sodio, Na_2CO_3,. Como sabemos que del feldespato y sulfato de sodio se ha obtenido 1,01 libras de Na_2O, solo queda por completar 13,89 libras de Na_2O, lo que se obtiene introduciendo

23,74 libras de carbonato de sodio en la mezcla.

El óxido de magnesio, MgO, se lo obtiene de la cal dolomítica CaO.MgO; para lo que se introduce en la mezcla 5,736 libras de cal dolomítica para que nos de 2,4 libras de MgO requeridas según la dosificación fourcault.

Por último para obtener las 9,90 libras de óxido de calcio, CaO, nos valemos de la piedra caliza, $CaCO_3$. Lacal dolomítica nos suministra 3,34 libras de CaO; por lo tanto restan 6,56 libras de CaO que deben ser proporcionadas por el $CaCO_3$, para lograr esto se debe introducir 11,72 libras de piedra caliza.

Es costumbre dar la composición final de la mezcla tomando como base 1000 libras de arena. Para esto se multiplica por 1000 cada uno de los pesos antes calculados y se divide por el peso de la arena. Todos estos cálculos se resumen a continuación. (Ver los detalles de estos cálculos en el Anexo R. Sección B)

Oxido en 100 libras	Deducciones	Cantidad libras	Material	Mezcla Final
SiO_2	71,25 - 2,4574 = 68,7928	(1) = 68,7928	Arena	1000.00
Al_2O_3	0,65	(5,56) = 3,614	Feldespato	52,50
Na_2O	14,90 - 1,01 = 13,89	(1,71) = 23,74	Carbonato sodio	345,00
MgO	2,4	(2,39) = 5,736	Cal dolomítica	83,40
CaO	9,90-3,34 = 6,56	(1,786) = 11,72	piedra caliza	170,30
SO_3	0,70	(1,77) = 1,239	Sulfato de sodio	18,00

MATERIA PRIMA	LIBRAS DE MATERIA PRIMA	FRACCION	LIBRAS DE OXIDO OBTENIDO.
Feldespato	3,644	0,680	2,4572 de SiO_2
Feldespato	3,614	0,130	0,4692 de Na_2O
Cal dolomítica	5,756	0,582	3,34 de CaO
Sulfato de sodio	1,239	0,437	0,5414 de Na_2O

Además de la materia prima antes calculada se introduce en la mezcla chatarra de vidrio que se la obtiene del vidrio roto del proceso o del mercado. El porcentaje a introducir en la mezcla, está alrededor del 30 por ciento del peso total por tonelada de vidrio de ventana a producir. En igual forma hay que dar un 10 por ciento de margen de seguridad para contrarestar las pérdidas por evaporación. En el cuadro siguiente se resume la cantidad de materia prima para producir una tonelada de vidrio de ventana. Aquí se incluye el 10 por ciento para las pérdidas por evaporación.

CALCULO DE LA MATERIA PRIMA PARA PRODUCIR UNA TONELADA DE VIDRIO DE VENTANA.

MATERIA PRIMA	CANTIDAD LIBRAS
Arena SiO_2	1058,75
Feldespato $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	54,56
Carbonato de sodio Na_2CO_3	365,60
Cal dolomítica $CaO.MgO$	88,34
Oxido de calcio CaO	180,49
Sulfato de sodio Na_2SO_4	19,08
Chatarra de vidrio	757,93

KK. DESCRIPCION DE LA MAQUINARIA A USARSE EN LA FABRICA DE VIDRIO DE VENTANA.

Nº 1- Horno Tanque.

Un(1) horno general de vidrio tipo regenerativo, para quemar petróleo, con fuego en el extremo, diseñado para uso con una (1) máquina Fourcault.

Otros materiales serán:

a. Arcilla refractaria

b. Acero para sujeción y tirantes.

c. Todo el acero necesario para la estructura.

d. Válvula de inversión de aire, junto con sus mecanismos.

e. regulador de tiro de la chimenea.

f. Puertas de acceso.

g. Tres conjuntos de detalles y dibujos de diseño.

i. Quemadores y un mecanismo de operar el quemador.

Nº 2- Cargador Automático de la Materia Prima.

Un (1) cargador automático de materia prima para cargar la materia prima automáticamente dentro del horno. El cargador tendra su correspondiente motor eléctrico y transmisión.

Nº 3- Chimenea.

Una chimenea de tiro forzado, capaz de manejar los gases de la combustión del horno. La chimenea en su interior lleva material refractario. Tendrá un motor eléctrico de 20 caballos, un arranque y un ventilador de trabajo forzado.

Nº 4- Un Controlador de Presión y Pirómetro para el Horno.

Un (1) controlador de presión del horno completamente automático.

Un (1) pirómetro electrónico para el horno de vidrio para proveer presión y temperatura constante dentro del horno de vidrio. Este equipo es equipado con mecanismos de intrumentos, tablero, termocupla papel para cartas.

Nº 5-Controlador de Nivel del Vidrio.

Un (1) controlador automático de nivel del vidrio el cual nos da automáticamente el control del nivel del vidrio y la razón de alimentación de la materia prima al horno, de tal manera que mantiene constante el nivel del vidrio dentro del horno. La unidad está equipada con instrumentos completos incluyendo tablero de montante de acero.

Nº 6- Silo de Acero.

Una (1) pala de acero capaz de manejar 18 toneladas de materia prima de vidrio capaz de descargar dentro del cargador automático.

Nº 7-Sistema de Enfriamiento del Horno.

Un (1) sistema de enfriamiento de los bloques del horno que consiste de dos (2) sopladores de trabajo pesado con motores de 35 caballos de poder, siendo estos motores eléctricos, con reductores de voltage corrons en V y transmisión.

Nº 8-Máquina Fourcault.

Una (1) máquina fourcault para producir el vidrio de ventana. Esta máquina está povista de transmisión y amortiguación, recogedor de viruta, etc. Los siguientes accesorios son de la máquina:

a. Enfriadoras de hojas.

b. "Cebo" para comenzar la hoja de vidrio.

c. Planos para colocar las puertas.

d. Cortador de Borde

e. Cortador de mano.

f. Estirador de borde.

Nº 9-Mecanismo de Profundización del Debiteuse.

Esta máquina provee un medio exacto de ajustar la profundidad del deviteuse para asegurar el adecuado flujo de vidrio.

Nº 10-Sistema de Aire Comprimido.

Dos (2) compresores de etapa única, 14 x 11, Ingersoll-Rand o igual capaz de entregar el aire en la descarga a 60 libras por pulgada cuadrada.

El compresor deberá deberá suministrar aire para los quemadores. Estos compresores serán del tipo horizontal equipados con motores eléctricos y arranques. Debe haber un post enfriador para remover el vapor de agua condensado, equipado con trampas de condensación automáticas.

Un receptor de aire de 54 pulgadas por 14 pies equipado con condensación automática, válvula de seguridad, manómetros y brazos soportes.

Nº 11-Horno de Secar el Debiteuse y el Flotador.

Un (1) horno para secar el debiteuse y el flotador capaz de secar dos (2) debiteuse y dos (2) flotadores al mismo tiempo. El horno secador es de ladrillo refractario, tiene los correspondientes quemadores, baldosas de arcilla, acero para sujeción.

Nº 12-Sistema de Combustible.

Un (1) sistema general de aceite combustible para el horno, horno secador del debiteuse y flotador. El sitema de combustible consiste de válvulas, reguladores, filtros, calentadores de tipo eléctrico en la succión y la línea, bombas de aceite duplicadas, controles especiales, manómetros, motores eléctricos y arranques.

Nº 13-Sistema de Gas.

Un (1) sistema de gas para servicio de emergencia o para arrancar el horno secador del debiteuse y flotador, y para servicio contínuo de la máquina fourcault.

Nº 14-Elevador de la Hojas de Vidrio.

Una (1) plataforma elevadora de 10 pies por 12 pies se requiere para bajar el vidrio desde el piso donde se lo separa hasta el piso donde se lo corta que está al nivel del suelo. El elevador es completo incluyendo motor y tablero de control; soportes de acero para el eje del elvador y un contrapeso para su funcionamiento.

Nº 15-Carro para el Débiteuse y Flotador.

Un (1) carro para transportar al tanque los flotadores y los bloques debiteuse. Este carro está diseñado para operarse a mano.

Nº 16-Camión Elevador y Amontonador Eléctrico.

Un (1) carro elevador accionado por gasolina con capacidad para 4000 libras para manipular el vidrio ya elaborado.

Dos (2) amontonadores de 2000 libras de capacidad para uso en el almacén y ayudar al apilado del vidrio.

Nº 17-Arcilla.

Veinticinco (25) toneladas de arcilla especialmente preparada para la fabricación de los bloques debiteuse y ocho (8) toneladas de arcilla especialmente preparada para manufacturar los flotadores.

Nº 18-Flotadores de Arcilla.

Cuatro (4) flotadores de arcilla para uso en el horno.

Nº 19-Bloques Debiteuse.

Treita(30) bloques debiteuse para uso en conección con la máquina Fourcault. Estos bloques deben ser acabados localmente de acuerdo con el tipo de vidrio de ventana que se quiera producir.

Nº 20-Tablas de Corte.

Cinco (5) tablas de corte. Las tablas son completas incluyendo cubierta de fieltro.

Nº 21-Laboratorio.

Un conjunto de instrumentos y químicos para el laboratorio de la planta de vidrio, para el análisis y control de calidad del vidrio. Un polariscopio debe ser incluído en el laboratorio.

Nº 22-Sierra Refractaria.

Una (1) sierra refractaria con motor eléctrico y discos de corte rápido para los ladrillos refractarios que se usará en la erección del horno y otros trabajos necesarios.

Nº 23-Pirómetro Optico.

Un (1) pirómetro óptico para chequeo de temperaturas en todos los puntos. El pirómetro tendrá las baterías correspondientes y un foco de repuesto.

Nº 24-Máquinas y Herramientas Mecánicas.

Cuatro (4) conjuntos de herramientas mecánicas Standard; incluyendo cuatro (4) cajas de herramientas.

Nº 25-Generador de Corriente.

Un (1) generador de electricidad de 250 kilovatios de potencia impulsado por diesel para cualquier caso de emergencia durante alguna falla de la corriente principal.

Nº 26-Partes de Repuesto.

Un (1) lote de partes de repuesto para cualquier emergencia en que se requiera un repuesto.

Nº 27-Transportador de Vidrio en Compartimentos

Diez (10) transportadores de vidrio con compartimientos para llevar las hojas de vidrio con una capacidad aproximada de 1000 libras cada uno.

Nº 28-Depósitos de Vidrio Roto.

Quince (15) depósitos de vidrio roto que servirán para almacenaje del vidrio roto para entregar luego al triturador de vidrio.

Nº 29-Herramientas para Corte de Vidrio.

Una (1) gruesa de herramientas de corte a mano y diez (10) gruesas de discos de corte.

Nº 30-Tanque de Combustible

Un (1) tanque de combustible de 30.000 mil galones. Este tanque se puede construir localmente.

Nº 31-Balanza.

Una (1) balanza plataforma con una capacidad de peso 0-500 kilos.

Nº 32-Mezclador de Materia Prima.

Un (1) mezclador de materia prima de veinte pies cúbicos con un motor eléctrico de 5 caballos de poder y transmisión. Este mezclador es construído para mezclar materiales del vidrio y para operar con un mínimo de polvo.

Nº 33-Elevador para la Materia Prima Mezclada.

Un (1) elevador de la materia prima mezclada, para transportar la materia prima mezclada desde el mezclador al horno de vidrio, con su motor y arranque correspondiente.

Nº 34-Trtiturador de Vidrio Roto.

Un (1) triturador de vidrio roto, con una capacidad de tres toneladas, de vidrio por hora y está equipado con un motor de 15 caballos de poder y un arranque; este motor es eléctrico.

Nº 35-Lavadora de Vidrio Roto.

Una (1) lavadora de vidrio roto tipo de tornillo, tipo contracorriente con motor y arranque eléctrico.

Nº 36-Transportador.

Un (1) transportador para recibir el vidrio lavado. El extremo del transportador será equipado con un separador magnético para escoger los materiales magnéticos del vidrio.

Nº 37-Equipo Eléctrico.

Un (1) conjunto de aparatos eléctricos incluyendo tableros, interruptores, alambre, luces y transformador.

Nº 38-Sistema de Agua.

Un (1) equipo para el sistema de agua, incluyendo bomba de agua, por duplicado, accesorios, tuberías y válvulas.

Nº 39-sistemas de Tuberías de Combustible y Gas.

Un (1) set de tuberías del sistema de combustible, accesorios, medidores, válvulas, y un (1) set de tuberías y accesorios para gas.

Nº 40-Tornos.

Un torno de 14 pulgadas por 14 pies con motor de transmisión con correa en V, tipo de manufactura, nariz del eje ahusada, patas de cajón, soporte combinado, luneta fija, tambor para filetear rosca, grande y pequeños platos, portaherramientas completo, llaves de tuerca necesarias, equipo regular incluyendo lo siguiente :

a. Colector de aceite de 14 pies.

b. Micrómetro de carro corredizo que para en seis posiciones con el tambor indicador.

c. Plato de cara especial con rueda dentada de 18 pulgadas.

d. Torre portaherramienta.

e. Luz especial.

f. Plato de cara de 12 pulgadas para ménsula.

g. Motor eléctrico de 7½ caballos, botón de arranque y parada, botón de inversión por presión y caja de engranajes con dos velocidades.

h. Un portabroca con cuatro mandíbulas independientes con dientes.

i. Una mordaza universal de tres mordazas y dientes.

Nº 41-Limadora.

Una limadora standard universal con transmisión por correa en V, con motor eléctrico de 1/3 caballos de poder, arranque, controles y potencia para mover hacia abajo el cabezal.

Nº 42-Taladradora.

Una (1) taladradora de trabajo pesado con una capacidad arriba de ½ de pulgada para taladrar material de acero. Tipo soporte automático con motor eléctrico y controles.

Nº 43-Sierra Mecánica Corta Metales.

Una (1) sierra mecánica corta metales, del tipo de banda continua, Para cortar material de acero, con motor eléctrico y transmisión.

Nº 44-Fragua.

Una (1) fragua mecánica, con soplador, chimenea motor eléctrico y arranque.

Nº 45-Herramientas Para Soldar y Cortar.

Una (1) soldadora de 400 amperios, tipo portátil, con varillas de soldar, con equipo standar.

Nº 46-Herramientas Varias.

Un (1) lote de varias herramientas de taller que consiste en llaves terraja de roscar, dados de rroscar, machuelos, micrómetros, taladros, portaherramientas, etc.

Nº 47-Sierra Circular.

Una (1) sierra circular de 10 pulgadas, modelo tipo de piso con un motor eléctrico de 1 caballo de poder y con arranque.

Nº 48-Sierra Radial.

Una (1) sierra radial de 10 pulgadas, con mesa, motor y arranque.

Nº 49-Herramientas Portátiles.

Una (1) sierra circular portátil de 6 pulgadas.

Un (1) taladro portátil de ½ de pulgada.

SEGUNDA PARTE

I.- ESTUDIO DEL MERCADO.

1. Producto a Fabricarse.

Tomando en cuenta las necesidades actuales de vidrio plano para ventana que tiene el país, lo que se deduce de las estadísticas de importación de este producto, nuestro estudio contempla la producción de tres diferentes tipos de vidrio plano que se denominan: "Single Strength, hasta 2,31 milímetros de espesor, "Double Strength" hasta 3,17 milímitros de espesor, y "Triple Strength" hasta 6,35 milímetros de espesor (1). Cabe indicar que en el futuro se podrán fabricar vidrios de espesores mayores al de 6,35 milímetros.

La producción que tendrá la fábrica de los tres tipos de vidrio antes nombrados, se indica a continuación.

VIDRIO PLANO PARA VENTANA

Designación Comercial	Pies cuadrados por año.	Peso en toneladas por año.
"Single Strength"	3.800.000,0	2.038.18
"Double Strength"	4.500.000,0	3.313,63
"Triple Strength"	1.099.478,6	1.948.19
TOTAL.....		7.300,00

(1) La denominación "Single, double, triple strength" se refiere a los espesores de las hojas de vidrio para ventana de acuerdo con la nomenclatura proporcionada en las especificaciones de la máquina estiradora Fourcault.

1-a. Centros actuales de abastecimiento de los productos a fabricarse.- Según puede apreciarse en el Anexo 8, son muy variados los centros proveedores de vidrio plano para ventana que ha tenido y tiene actualmente el Ecuador. De los centros europeos, Bélgica es uno de los principales, preferido por fabricar un producto de excelente calidad;

aunque su costo es alto para el mercado ecuatoriano.

Ultimamente, el mayor volumen de importación de vidrio plano para ventana se lo obtiene de Colombia, siendo en este país la Fábrica Peldar la que abastece todo el producto. Estas importaciones desde Colombia se hacen al amparo de ALAC.

2. Análisis Actual de la Demanda.

A) Producción principal de vidrio plano.

La instalación de la Fábrica de Vidrio para Ventana, es de esencial importancia dado que en la actualidad, en el Ecuador, no existe producción de vidrio plano, todo lo que se encuentra en el mercado es producto de la importación que se hace a países europeos y americanos. La presente fábrica de nuestro estudio, sería el primer complejo industrial que puede afrontar el desarrollo de esta industria en el país.

La producción de la planta, satisfacerá las necesidades del producto que existe en el mercado nacional y afrontará, por un largo período de tiempo, la futura demanda cuyo crecimiento es visible debido al rápido desarrollo del país, que cada día incorpora nuevos consumidores, y a la arquitectura moderna que envuentra en el vidrio un material adecuado para la construcción.

B) Importaciones.

Los precios, para los distintos tipos de vidrios que se importan, son tomados a base del año 1968. Como se podrá notar a continuación hay una diferencia marcada entre el precio del producto europeo (principalmente belga) con el producto colombiano. En cuanto al volumen de importación únicamente se pueden dar cifras para el peso, mas no se ha podido obtener las cantidades de los pies cuadrados de cada uno de los tres tipos de vidrio: single, double y triple strengyh, que se ha importado, debido a que no existen estadísticas referentes a ello.

VIDRIO PLANO PARA VENTANA

a) Precio de 1968.

Vidrio colombiana (ALAC) Precio por pie cuadrado al por mayor.

Denominación	CIF	Ex-aduana	Al público
Single Strength	$ 1,63	$ 3,16	$ 4,20
Double Strength	2,67	5,25	7,03
Triple Strength	6,82	13,52	20,70

Vidrio Europeo (Principalmente de Bélgica)

DENOMINACION	CIF	Ex-aduana	Al público
Single Strength	$ 2,09	$ 5,22	$ 6,16
Double Strength	3,43	8,62	9,35
Triple Strength	8,72	21,90	26,30

b) Volumen de importación*

VIDRIO PLANO PARA VENTANA

Año	Peso en kilos	Valor FOB en dólares
1965	2.690.019	320.614,82
1966	2.549.532	293.834,61
1967	3.223.840	373.743,69

* Fuente de información Empresa de Manifiestos S.A.

II.- MAQUINARIAS Y EQUIPOS.

El valor total de la maquinaria a importarse, para la planta de vidrio plano de ventana, es de US $ 478.295,00 FOB Nueva York y de US $ 523.295,00 CIF Guayaquil, lo que al tipo de cambio oficial de $ 18,18 por dólar nos da un valor en sucres de $ 9.513.503,10. La lista de esta maquinaria y equipos se adjunta en el Anexo C.

III.- TAMAÑO Y LOCALIZACION DE LA PLANTA.

a) Capacidad. Esta instalación industrial está capacitada para producir 20 toneladas diarias de vidrio de ventana; producción que se

repartirá en la elaboración de las hojas de vidrio.

b) Factores que han determinado la ubicación de la Planta.

Al hacer la selección del lugar donde se situará la planta, deben tomarse en consideración algunos factores importantes que hayudan a lograr el normal desenvolvimiento de las actividades de la industria. Estos principales factores son:

1. Vías de Comunicación.

Es indispensable que la planta esté ubicada en un lugar que tenga acceso a las principales vías de comunicación, debido a que diariamente tiene que desarrollar sus trabajos propios. En principio la recepción de maquinaria y equipos importados, materiales y maquinaria de construcción, etc., después recibir remesas periódicas de materia prima necesaria para la manufactura del vidrio, repuestos de la maquinaria, distribución del producto elaborado a los distintos centros de consumo, transportación del personal de empleados y obreros que laboran en las distintas dependencias de la empresa.

2. Facilidad para obtener servicios de energía eléstrica, calorífica y servicios sanitarios.

La industria debe contar con suministro adecuado y contínuo de energía eléctrica, para evitar la paralización de los diferentes equipos eléctricos con que está dotada la instalación. En igual forma debe tomarse en cuenta que no se interrumpa el abastecimiento de combustible necesario para el funcionamiento del horno de fundición. Debe contar la industria con la cantidad suficiente de agua para suministrar a la dependencias; contar con adecuados servicios sanitarios para llevar fuera de ella los distintos materiales de desecho.

3. Mercado de consumo.

Es indispensable que la planta se encuentre

lo más cerca posible del mayor mercado de consumo; ya que ello determinará que el producto final tenga un precio de venta al público más barato, puesto que se ahorrarían los costos de transporte que en el caso contrario se ocacionarían.

4. Facilidad de obtención de la materia prima.

En todo momento es de desear que los costos de la materia prima sean mínimos, para lo que se busca ante todo reducir los gastos de transporte. En la presente industria la materia prima que se usará consiste principalmente de arenas silicosas que se obtendrán de los yacimientos de la provincia de El Oro, de óxido de calcio que se obtendrá de los yacimientos de Cerro Azul a 14 kilómetros de Guayaquil y del carbonato de sodio que debe importarse, por no haber producción nacional de esta materia.

5. Personal técnico.

Esta industria requiere de personal capacitado para su normal funcionamiento; de aquí que es necesario tener el material humano adecuado para que asuma la responsabilidad de cada una de las operaciones que se realizan en el proceso de la producción del vidrio de ventana.

En la actualidad el país cuenta con ingenieros en las distintas especialidades que salen de los diversos centros de estudio superiores y de técnicos a nivel medio que salen de los Colegios Técnicos de Segunda enseñanza. Todo este material humano que aunque no cuenta con experiencia en la fabricación del vidrio plano, por no existir esta clase de industria en el Ecuador, sin embargo puede, con un poco de adiestramiento, servir magníficamente en esta clase de industria.

6. Disponibilidad de terrenos.

La instalación de esta industria requiere

la disponibilidad de amplios terrenos que presten garantía para desarrollar normalmente las operaciones de producción de vidrio sin interferir o ser interferidos por instalaciones vecinas. Además debe tenerse en cuenta el costo unitario del terreno para hacer la selección.SI este es muy elevado, el precio inicial de la instalación sería enormemente afectado.

Conclusión. Guayaquil cuenta con excelentes medios de comunicación tanto terrestre como marítimos y aéreos, lo que facilita el transporte de los distintos accesorios que nuestra empresa requiere. Presenta facilidad para obtener la materia prima, tanto nacional como la extrangera; rápido transporte de la maquinaria y equipos de la instalación y además presta todas las facilidades para el suministro de energía eléctrica, agua, servicios sanitarios y combustibles. Es el mayor mercado del país y está muy cerca de los restantes centros importantes de consumo como son : Quito, Cuenca, Ambato, Riobamba, etc. En vista de esto la ubicación de la Planta en la ciudad de Guayaquil sería de lo más ventajosa.

IV.- INVERSION Y FINANCIAMIENTO.

1. Inversión Fija.

a) Terrenos (Ver Anexo A)	$ 840.000	
b) Construcciones y obras (Ver Anexo B)	3.700.000	
	4.540.000	$ 4.540.000,00
c) Maquinaria y equipos a importarse (Ver Anexo C)	10.526.582,28	10.526.582,28
d) Vehículo Muebles y enseres (Ver Anexo D)	400.000,00	
e) Gastos de Instalación y montaje (15 % de maquinarias y equipos)	516.329,11	
f) Gastos de organización	100.000,00	
g) Servicios de ingeniería (1)		

h) Imprevistos (10 % sobre inversión fija)	$ 160.823,91	
	$ 1.177.153,02	$ 1.177.153,02
Total Inversión Fija		$ 16.243.153,02

(1) El servicio de ingeniería en las construcciónes y obras civiles, está incluído en el costo respectivo. El servicio de ingeniería para la instalación y montaje está incluído en la mano de obra directa.

2. Capital de Operación.

Materiales directos (Ver Anexo E)	30 días	$ 500.648,00
Mano de obra	30 días	89.459,19
Carga Fabril	30 días	489.517,37
Gastos Administrativos y Generales	30 días	65.096,00
Gastos de ventas	30 días	15.440,00
Reserva para ingreso de ventas	30 días	1.596.686,42
TOTAL CAPITAL OPERACION.....		$ 2.756.846,98
Total Inversión Fija.....		$ 16.243.153,02
Plan Total de Inversiones.....		$ 19.000.000,00

FINANCIAMIENTO.

Capital Social	$ 9.200.000,00
Préstamo El préstamo puede ser obtenido de una Institución para este Objeto. (AID. BID, etc.)	9.800.000,00
TOTAL.....	$ 19.000.000,00

V.- COSTOS.

Costos Globales.

1. Costos de Fabricación.

a) Materia Prima (Ver Anexo E)	$ 6.007.775,90
b) Mano de obra directa (Ver Anexo G)	1.073.510,28
	$ 7.081.286,18
c) Carga fabril:	
Materiales indirectos (Ver Anexo H)	800.000,00

Mano de obra indirecta (Ver Anexo G-1)	$	1.237.560,00
Suministros (Ver Anexo I)		1.214.996,42
Reparación y mantenimiento (Ver Anexo J)		735.329,11
Seguros: basado en el 1% sobre edificios, maquinaria y vehículos		146.265,82
Depreciaciones y amortizaciones (Ver Anexo K)		1.369.291,14
Otros gastos (VER Anexo L)		70.766,00
Imprevistos		300.000,00
TOTAL CARGA FABRIL.....	$	5.874.208,49
TOTAL COSTO DE FABRICACION	$	12.955.494,67

2. Gastos de Administración y Generales:

a) Sueldo del personal (Ver Anexo M)	$	589.152,00
b) Suministros de oficina (Ver Anexo M)		112.000,00
c) Gastos Generales(Ver Anexo M)		80.000,00
TOTAL DE GASTOS ADMINISTRATIVOS	$	781.152,00

3. Gastos de Ventas:

a) Sueldos (Ver Anexo N)	$	65.200,00
b) Publicidad		120.000,00

4. Gastos Financieros

Interés (Ver Anexo O)		882.000,00
TOTAL COSTO GLOBAL.....	$	14.803.926,67

VI.- PRECIO DE VENTA

Designación	Precio Ex. Fab. pie cuadrado.	Precio al Púb. pie cuadrado.	pies Cuad. vendidos	Total de Ventas
Single Strength	$ 1,431	$ 1,717	3.800.000,00	5.437.800,00
Double Strength	2,351	2,821	4.500.000,00	10.579.500,00
Triple Strength	5,454	7,090	1,099.478,60	5.996.556,28
		Suman.....		$ 22.013.856,28

VII.- PRONOSTICO FINANCIERO.

1. Estado de Pérdidas y Ganancias

	Sucres	Porcentaje
PRESUPUESTOde ventas	$ 22.013.856,28	100
Menos Costo de fabricación	12.955.494,67	58,8
UTILIDAD BRUTA VENTAS..	$ 9.058.561,61	41,2
Menos Gastos Aministración	$ 781.152,00	3,55
Menos Gastos Ventas	185.280,00	0,84
Menos Gastos Financieros	882.000,00	4,00
UTILIDAD NETA.....	$ 7.209.929,61	32,80

2. Punto de Equilibrio.

Conceptos	Costos Fijos	Costos Variables
1. Costos de Fabricación.		
a) Materia prima		$ 6.007.775,90
b) Mano de obra directa		1.073.510,28
c) Carga Fabril:		
Materiales indirectos	$ 800.000,00	
Mano de obra indirecta	1.237.560,00	
Suministros		1.214.996,42
Reparación y mantenimiento	735.329,11	
Seguros	146.265.82	
Depreciación y amortizaciones	1.569.291,14	
Otros gastos		70.766,00
Imprevistos	150,000,00	150.000,00
2. Gastos Administrativos y Generales		
a) Sueldos	589.152,00	
b) Suministros de oficina	56.000,00	56,000,00
c) Gastos generales	80.000,00	
3. Gastos de Ventas		
a) Sueldos	65.280,00	
b) Publicidad	60.000,00	60.000,00

4. Gastos Financieros

Intereses	$ 882.000,00	
	$ 6.170.878,07	$ 8.633.048,60

TOTAL DE INGRESOS ANUALES $ 22.013.856,28.

VIII.- CALCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO.

PE = Punto de Equilibrio

f = Total costos fijo

v = total costos variables

y = total ventas.

$$PE = \frac{f}{1 - \frac{v}{y}}$$

$$PE = \frac{6.170.878,07}{1 - \frac{8.633.048,60}{22.013.856,28}}$$

Punto de equilibrio (PE) = 10.149.457,25 sucres.

Este valor representa aproximdamente el 46 por ciento de las ventas totales, que se debe vender para obtener un funcionamiento solvente de la Planta.

TERCERA PARTE

ANEXO A

	AREA	COSTO UNITARIO	TOTAL
Terrenos	30.000 m^2	$ 18	$ 540.000.oo
Relleno, compactación y adecuación	10.000 m^2	30	300.000.oo
		TOTAL . . .	$ 840.000.oo

ANEXO B

EDIFICIOS:

	EXTENSION	PRECIO m^2	TOTAL
Fábrica	3.000,00 m^2	$ 700.00	$ 2.100.000.00
Bodegas	2.000,00 m^2	600.00	1.200.000.00
Patios	3.000,00 m^2	133.34	400.000.00
			$ 3.700.000.00

ANEXO C

LISTA DE LA MAQUINARIA Y EQUIPOS A USARSE EN LA PLANTA DE VIDRIO DE VENTANA CON SUS VALORES UNITARIOS.

Artículo	Descripción	Precio (US $)
1	Horno automático regenerativo	175.807,50
2	Cargadora automática de la mezcla	2.9 64,00
3	Chimenea de tiro forzado	12.952,10
4	Pirómetro y control de presión	2.681,00
5	Control automático de nivel	2.479,40
6	Silo almacenador de la mezcla	3.100,00
7	Sistema enfriador del horno	8.905,00
8	Máquina estiradora Fourcault	35.748,00
9	Mecanismo de sumergir el "Debiteuse"	1.362,00
10	Sistema de aire comprimido	26.000,00
11	Horno automático de cocido de los debis	10.519,00
12	Sistema de combustible	5.449,00
13	Elevador de carga para hojas de vidrio	12.283,00
14	Carro para debis y flotadores	1.620,00
15	Camión elevador y gatas	6.645,00
16	Arcilla para debis y flotadores	7.500,00
17	Flotadores	2.000,00
18	Debiteuse (Debis)	13.000,00
19	Mesa para cortar hojas de vidrio	4.875,00
20	Equipo de laboratorio	1.595,00
21	Sierra para refra refractarios	2.950,00
22	Pirómetro óptico	1.345,00
23	Herramientas para mecánicos	720,00
24	Generador eléctrico diesel	18.500,00
25	Repuestos para la instalación de vidrio	20.000,00
26	Bastidores para las hojas de vidrio	4.860,00
27	Tanques para la chatarra	3.150,00
28	Herramientas para cortar hojas de vidrio	635.00
29	Tanque para combustible	4.850,00
30	Balanza para pesar componentes	1.500,00
31	Mezcladora	8.000,00
32	Elevador de la mezcla	6.500,00
33	Trituradora de vidrio roto	6.500,00
34	Lavadora de vidrio roto	3.750,00
35	Equipo eléctrico	19.500,00
36	Sistema de distribución de agua	5.000,00
37	Tuberías de combustible	5.000,00
38	Lavadora de arena	3.500,00
39	Equipo de taller para mantenimiento	24.750,00

PRECIO TOTAL.....	US$	478.295,00
Fletes, seguros.....		45.000,00
PRECIO TOTAL CIF, GUAYAQUIL.....	US$	523.295,00

Cambio oficial del dólar S/ 18,18	S/	9.513.503,10
Tasa portuarias	S/	61.728,87
Fondo de estabilización monetaria.....	S/	951.350,31
TOTAL.....	S/	10.526.582,28

ANEXO D

VEHICULOS MUEBLES Y ENSERES

1 Camión	$	200.000,00
Equipos de oficina		200.000,00
TOTAL.....	$	400.000,00

ANEXO B

MATERIA PRIMA

Material	Kilos	precio/kilo	Total
Arena silicosa(N)	480	$ 0,33	$ 150,40
Oxido de calcio (N)	82	0,88	72,16
Cal dolomítica (N)	40	0,90	36,00
Chatarra de vidrio(N)	342	0,33	112,86
Total.....	944		$ 371,42
Carbonato de sodio(E)	166,00	$ 1,87	$ 310,44
Sulfato de sodio (E)	8,60	1,90	16,34
Feldespato (E)	24,80	0,88	21,82
TOTAL.....	199,40		348,60
SUMAN.....	1.143,40		$ 720,02

(N) Materia prima nacional

(E) Materia prima extranjera

En este peso de la materia prima está incluído las pérdidas por evaporación que sufre en el proceso de fusión, para lo que se ha tomado un 10 por ciento como incremento en el peso. Vemos que necesitamos 1143 kilos de materia prima para obtener 1000 kilos (una tonelada) de materia elaborada.

Toneladas promedia a elaborarse por día = 20

Toneladas a elaborarse por año = 7300

Materia prima requerida para elaborar 20 toneladas de vidrio por día = 22,86 toneladas.

Materia prima para elaborar la 7300 toneladas de vidrio por año = 8343,9 toneladas

Costo de la materia prima por día = 16.459,66 sucres

Costo de la materia prima por año = 6.007.775,90.

ANEXO F

CALCULO DE LAS CARGAS SOCIALES

9,5 %	Contribución patronal del seguro
8,33 %	Fondo de reserva (1/12 del salario anual)
8,33 %	Décimo tercer sueldo (1/12 del salario Anual)
4,17 %	Vacaciones anuales (1/24 del salario anual)
4,17 %	Días feriados pagados (15 días en el año 1/24 del salario Anual)
8,33 %	Décimo cuarto sueldo (1/12 del salario anual)
42,83 %	

TOTAL CARGAS SOCIALES 42,83 por ciento.

ANEXO 6

MANO DE OBRA DIRECTA

Denominación	Nº	Sueldo Diario	Sueldo Mensual	Total Anual
Horno y Fundición:				
Hornero	4	$ 50,00	$ 1500,00	$ 72.000
Instrumentista	4	30,00	900,00	43.200
Máquina Fourcault:				
Operador	4	80,00	2400,00	115.200
Ayudante	4	40,00	1200,00	57.600
Cortador	12	30,00	900,00	129.600
Almacenaje de Vidrio				
Amontonador (Stacker)	4	25,00	750,00	36.000
Ayudante	4	20,00	600,00	28.800
Mantenimiento:				
Mecánico Electricista	4	70,00	2100,00	100.800
Limpieza	4	20,00	600,00	28.800
Mezcladora:				
Operador de mezcladora	1	25,00	750,00	9000
Pesador de material	2	20,00	600,00	14.400
Operador de vidrio roto	1	20,00	600,00	7.200
Almacenaje de Vidrio:				
Cortador	1	40,00	1200,00	14.400
Amontonador	1	20,00	600,00	7200
Departamento de Arcilla				
Operador	1	40,00	1200,00	14.400
Ayudante	1	20,00	600,00	7.200
Almacenaje:				
Operador	1	80,00	2400,00	28.800
Camión y Entrega:				
Chófer	1	65,00	1950,00	23.400
Entrega	2	20,00	600,00	14.400
TOTAL.....	56			$ 751.600
Cargas sociales (42,83 %)				$ 321.910,2
TOTAL.....				$ 1.073.510,2

En las cargas sociales se incluye el décimo cuarto sueldo.

ANEXO C-1

MANO DE OBRA INDIRECTA

Denominación	Nº	Sueld. Mensual	Total Anual
Producción:			
Superintendente de Planta	1	$ 10.000	$ 120.000
Asistente (Jefe de Turno)	1	8.500	102.000
Jefe de Turno	2	7.500	180.000
Químico	1	7.000	84.000
Técnicos Extranjeros:			
Ensambladores	1		200.000
Operadores	2		150.000
Total.....	8		$ 936.600
		Cargas sociales (36 %).....	$ 300.960
		TOTAL.....	$ 1.237.560

No se incluye en las cargas sociales el décimo cuarto sueldo.

ANEXO H

MATERIALES INDIRECTOS

Madera	$	500.000
Paja, Viruta		120.000
Papel		180.000
TOTAL.....	$	800.000

ANEXO I

SUMINISTROS

Electricidad:

Potencia conectada: 500 Hp 373 Kw

Potencia consumida: 350 Hp 261 Kw x 24 horas = 6264 KwH. a razón de aproximadamente $ 0,50 por cadaKwH se tiene $ 3.132,00 por día que nos da $ 1.127.520,00 por año.

Combustibles:

De acuerdo con los cálculos de combustible, se necesitan 1980 galones diarios de aceite combustible Nº 6 (Ver Anexo F); a razón de $ 1,50 por galón (incluyendo transporte) se tiene:

1980 galones/día x 1,50 sucres/galón x 360 días/año = 1.069.200,00 sucres por año.

a) Combustible Nº 6	$	1.069.200,00
b) Gas, se estima un gasto anual de		60.000,00
c) Grasas y aceites, se estima un gasto anual de		55.000,00
d) Gasolina (Ver Anexo I-1)		19.008,00
e) Agua (Ver Anexo I-1)		11.788,42
TOTAL.....	$	1.214.996,42

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - ECUADOR 1959
BIBLIOTECA

ANEXO I-1

SERVICIO DE AGUA Y GASOLINA

La planta usará agua potable. Se estima un gasto de agua de 19.647,36 metros cúbicos de agua.

19.647,36 metros cúbicos/año x 0,60 sudres/metro cúbico = 11.788,42 sucres por año.

Gasolina:

La gasolina se usará para el camión, se estima un gasto de 11 galones diarios.

11 galones/día x 4,80 sucres/galón = 52,80 sucres/día

52,80 sucres/día x 360 días /año = 19.008,00 sucres por año.

ANEXO J

REPARACION Y MANTENIMIENTO

a) Horno: Según las experiencias de la industria del vidrio las reparaciones y mantenimiento del horno de fundición se calculan a razón de $ 30,00 por cada tonelada fundida. Se funden aproximadamente 7300 toneladas de vidrio al año. Luego se tiene: $ 219.000,00

b) Maquinaria y Equipos: Se calcula a razón del 5 % del valor total de los equipos y maquinaria instalada en la fábrica $ 516.329,11

TOTAL..... $ 735.329,11

ANEXO K

DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES

Activo	Costo	Vida Util	Estimado Anual
Edificios	$ 3.700.000,00	20 años	$ 185.000,00
Maquinaria y equipos	10.526.582,28	10 años	1.052.658,23
Vehículos muebles y enseres	400.000,00	5 años	80.000,00
Gastos de Inst. y Montaje	516.329,11	10 años	51.632,91
		TOTAL.....	$ 1.369.291,14

ANEXO I

OTROS GASTOS:

Descripción		Estimado anual
Operación y mantenimiento de los vehículos	$	35.000.oo
Lubricantes automotrices . . .	"	30.700.oo
Lienzo y franelas	"	2.066.oo
Pipe	"	3.000.oo
Total	$	70.766.oo

ANEXO N

GASTOS DE ADMINISTRACION Y GENERALES

a) Sueldos:

Denominación	Nº	Sueldo Mensual	TOTAL ANUAL
Gerente General	1	$ 15.000.00	$ 180.000.00
Sub-Gerente General	1	10.000.00	120.000.00
Contador Industrial	1	5.000.00	60.000.00
Secretaria Ejecutiva	1	2.500.00	30.000.00
Secretarias	2	1.500.00	36.000.00
Mensajero	1/7	600.00	7.200.00
			433.200.00
		Cargas sociales (36 %)	155.952.00
		TOTAL . . .	$ 589.152.00

b) Suministros de Oficina : 112.000.00

c) Gastos Generales :

Consejo Legal	$ 45.000.00		
Auditoría	20.000.00		
Amortización Org. de la sociedad 10 años	15.000.00		80.000.00
	$ 80.000.00	Total	$ 781.152.00

Total de gastos administrativos y generales $ 781.152.00

No se ha tomado en cuenta el décimo cuarto sueldo en las cargas sociales.

ANEXO II

GASTOS DE VENTAS

Sueldos:

Denominación	Nº	Sueldo mensual	Total Anual
Jefe de Ventas	1	$ 4.000.oo	$ 48.000.oo
	Cargas Sociales (36 %)		17.280.oo
		TOTAL	$ 65.280.oo

ANEXO O

GASTOS FINANCIEROS

Intereses.

Tabla de amortización de préstamo, de acuerdo con la Proforma de la Comisión Financiera Nacional, con 10 años de plazo, un interés del 9 % anual, con pagos semestrales y tres años gracia. (Préstamo $/ 9.800.000,00)

Pagos	Capital	Principal	Intereses	Cuota Semestral
1	9.800.000,00	---	441.000,00	441.000,00
2	9.800.000,00	---	441.000,00	441.000,00
3	9.800.000,00	---	441.000,00	441.000,00
4	9.800.000,00	---	441.000,00	441.000,00
5	9.800.000,00	---	441.000,00	441.000,00
6	9.800.000,00	---	441.000,00	441.000,00
7	9.800.000,00	700.000,00	441.000,00	1.141.000,00
8	9.100.000,00	700.000,00	409.500,00	1.109.500,00
9	8.400.000,00	700.000,00	378.000,00	1.078.000,00
10	7.700.000,00	700,000,00	346.500,00	1.046.500,00
11	7.000.000,00	700.000,00	315.000,00	1.015.000,00
12	6.300.000,00	700.000,00	283.500,00	983.500,00
13	5.600.000,00	700.000,00	252.000,00	952.000,00
14	4.900.000,00	700.000,00	220.500,00	920.500,00
15	4.200.000,00	700.000,00	189.000,00	889.000,00
16	3.500.000,00	700.000,00	157.500,00	857.500,00
17	2.800.000,00	700.000,00	126.000,00	826.000,00
18	2.100.000,00	700.000,00	94.500,00	794.500,00
19	1.400.000,00	700.000,00	63.000,00	763.000,00
20	700.000,00	700.000,00	31.500,00	731.500,00
		$/ 9.800.000,00	5.953.500,00	15.753.500,00

ANEXO P

A.- CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL HORNO.

Los cálculos de las diferentes partes del horno para fundir vidrio de ventana, son efectuados tomando un exceso de aire para la combustión del 10 por ciento del aire teórico.

1. PROFUNDIDAD DEL HORNO.- La profundidad del vidrio fundido en el horno depende del vidrio a fabricarse. Para un horno en el cual se fundirá vidrio de ventana, la profundidad del vidrio fundido, varía de 48 a 60 pulgadas. Tomando en consideración que la producción diaria, 20 toneladas, es pequeña, la profundidad del horno será de 48 pulgadas. En la tabla Nº P-1 se detalla la profundidad del horno para diferentes tipos de vidrios a fundir.

2. TIPO DE HORNO.- Para determinar el tipo de horno a usar, es necesario precisar, primeramente, el área de fundición requerida para fundir las 20 toneladas de vidrio. Según la tabla Nº p-2 se requiere una área de fundición de 12 pies cuadrados por tonelada extraída en 24 horas. El área requerida para fundir las 20 toneladas en las 24 horas es:

Area de fundición = 20 (12) = 240 pies cuadrados.

Esta área determina el tipo de horno, y que según la figura P-1 es del tipo de fuego en el extremo. (END PORT).

3. DIMENSIONES DE LA CAMARA DE FUNDICION.- Según esta área de 240 pies cuadrados, podemos seleccionar las dimensiones 20 pies de largo por 12 pies de ancho.

4. CALCULOS DE COMBUSTION.- El combustible a usar para la fundición de las materias primas para la obtención del vidrio de ventana, será residuo Nº 6. En nuestro medio es lo más económico y fácil de obtener. Este combustible tiene la ventaja que presenta facilidad para ser manipulado y almacenado.

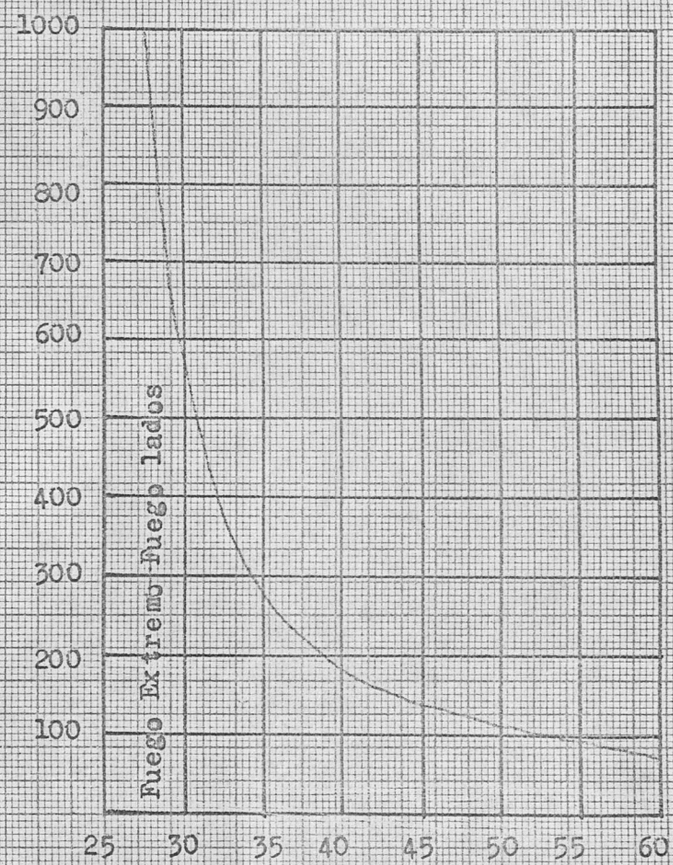


Figura Nº P-1 . Calor de Mantenimiento en Hornos Contínuos.

(Figura tomada del Handbook Of Glass Manufacture) Por Fay V. Tooley.

TABLA Nº P-1

(Valores tomados de Handbook of Glass Manufacture)

por Fay V. Tooley.

TIPO DE VIDRIO	PROFUNDIDAD EN PULGADAS
Vidrio Flint para envases	36-42
Verde esmeralda	24-30
Vidrio ámbar para envases	36
Vidrios borosilicados	36
VIDRIO DE VENTANAS	48-60
Vidrio cilindrado	48-60
Vidrio negro	12-18

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
1959
GUAYAQUIL
BIBLIOTECA

TABLA Nº F-2

(Valores tomados de Handbook of Glass Manufacture)

por Fay V. Tooley.

TIPO DE VIDRIO	AREA DE FUNDICION. PIES CUADRADOS POR TONELADA.
Envases	5 a 8
VIDRIO DE VENTANA	12
Vidrio cilindrado	6 a 12
Vidrio Flint	12 a 16

Las características del Residuo Nº 6 son las siguientes[14]:

Peso = de 7,998 libras por galón a 8,108 libras por galón.

Valor Calórico = 150.700 a 152.000 Btu por galón.

Análisis gravimétrico del combustible Nº 6.

H_2	13 %
O_2	0,38 %
N_2	0,02 %
C	86,14 %
S	0,22 %

Puesto que se tiene el análisis en peso del combustible, es necesario transformarlo a moles de cada elemento. Denominando con G el porcentaje y por M el peso molecular de cada elemento; se puede usar la siguiente relación para obtener las moles correspondientes:

$$\frac{G/100}{M} \quad \text{libras moles por 100 libras de combustible.}$$

Los pesos moleculares de los diferentes constituyentes del combustible se detallan a continuación:

ELEMENTO	PORCENTAJE (G)	PESO MOLECULAR (M)
H_2	13,24	2,016
O_2	0,38	32
N_2	0,02	28,016
C	86,14	14
S	0,22	32,066

Con estos valores se tiene:

	H_2	O_2	N_2	C	S
G/M	$\frac{13,24}{2,016}$	$\frac{0,38}{32}$	$\frac{8,02}{28,016}$	$\frac{86,14}{12}$	$\frac{0,22}{32,066}$
G/M	6,62	0,0119	0,000714	7,18	0,00688

Estos últimos valores son libras moles por 100 libras de combustible.

Con estos valores podemos escribir la ecuación de combustión:

$(7,18\ C + 0,0119\ O_2 + 0,000714\ N_2 + 6,62\ H_2 + 0,00688\ S) + aO_2 + 3,76\ aN_2 \longrightarrow bCO_2 + cH_2O + dSO_2 + (3,76\ a + 0,000714)\ N_2$

Haciendo el balance de masas se tiene:

C	$7,18 = b$	b=7,18
H_2	$6,62\ (2) = 2\ c$	c=6,62
S	$0,00688 = d$	d=0,00688
O_2	$0,0119(2) + 2\ a = 2b + c+2d$	a=10,48578

Se puede escribir ahora la ecuación que indique el número teórico de moles de cada constituyente para la combustión en el aire ideal.

$(7,18\ C + 6,62\ H_2 + 0,0119\ O_2 + 0,000714\ N_2 + 0,00688\ S) + 10,49\ O_2 + + 39,4\ N_2 \longrightarrow 7,18\ CO_2 + 6,62\ H_2O + 0,00688\ SO_2 + 39,4007\ N_2$

Las moles de aire son:

10,49 + 39,4 = 49,89 kilomoles por 100 libras de combustible.

El peso molecular del aire es 29 libras por libramol. La cantidad de aire es:

49,89(29) = 1446,81 libras por 100 libras de combustible; o sea 14,47 libras de aire por libra de combustible.

4-a. CALCULO DEL PESO DE CADA UNO DE LOS GASES DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTION.

A continuación se indica los productos de la combustión.

PRODUCTOS DE LA COMBUSTION	PESO MOLECULAR
CO_2	44
H_2O	18,016
N_2	28,016
SO_2	64,065

Cálculo del peso de CO_2

$$\frac{7,18\ (\ 44\ )}{100} = 3,161 \text{ libras de } CO_2 \text{ por libra de combustible.}$$

Cálculo del Peso de H_2O

$$\frac{6,62\ (\ 18,016\ )}{100} = 1,19 \text{ libras de } H_2O \text{ por libra de combustible}$$

Cálculo del peso de SO_2

$$\frac{0,00688(64,065)}{100} = 0,0044 \text{ libras de } SO_2 \text{ por libra de combustible}$$

Cálculo del peso de N_2

$$\frac{39,4007(28,016)}{100} = 11,02 \text{ libras por libra de combustible.}$$

4-a1 . PESO TOTAL DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTION.- El peso total de los productos de la combustión será la suma de los pesos parciales anteriormente calculados. Por lo tanto se tiene:

Peso total = 15,3754 libras por libra de combustible.

El peso específico del aire a 60 grados fahrenheit y presión atmosférica normal es de 0,0765 libras por pie cúbico; los pies cúbicos de aire por libra de combustible son:

$$\frac{14,47 \text{ libras de aire/libra de combustible}}{0,0765 \text{ libras/ pie cúbico de aire}} = 189 \text{ pies cúbicos de aire por libra de combustible.}$$

A continuación se procede a calcular el volumen de los productos de la combustión.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1959 BIBLIOTECA

4-b

VOLUMEN DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTION

GAS	PESO LIBRAS	LIBRAS POR ^{20} PIE CUBICO	DEDUCCION	VOLUMEN EN PIES CUBICOS
CO_2	3,161	0,1170	3,161/0,1170	27, 00
N_2	11,02	0,07406	11,02 /0,07406	149,1
SO_2	0,0044	0,1733	0,0044/0,1733	0,0254
H_2O	1,19	0,0476	1,19/0,0476	25.00
	TOTAL.....			201,1254

El volumen de los productos de la combustión es de 201,1254 pies cúbicos por libra de combustible.

4-b1. PESO ESPECIFICO DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTION. Puesto que se conoce el peso y volumen de los productos de la combustión fácilmente se calcula el peso específico.

Peso específico = 15,3754/201,1254 = 0,0764 libras por pie cúbico a 60 grado fahrenheit y presión atmosférica normal.

4-c. CALCULO DEL CALOR ESPECIFICO DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTION.

GAS	PESO EN LIBRAS	CALOR ESPECIFICO ^{20} Btu/Libra/ °F	DEDUCCIONES	Btu por LIBRA
CO_2	3,61	0,197	3,61 x 0,197	0,623
N_2	11,02	0,248	11,02 x 0,248	2,728
SO_2	0,0044	0,152	0,0044 x 0,152	0,0006
H_2O	1,19	0,471	1,19 x 0,471	0,56
			TOTAL.....	3,9116

Por tanto el calor específico de los productos de la combustión es: 3,9116/15,3754 = 0,2542 Btu po libra y por grado fahrenheit.

El calor específico en Btu por pie cúbico por grado fahrenheit es:

$$\frac{3,9116}{201,1254} = 0,01949 \text{ Btu por pie cúbico por grado fahrenheit.}$$

5. CALCULO DEL COMBUSTIBLE A INTRODUCIR.

Aún cuando se especifique la operación del horno en base a 12 pies cuadrados de área de fundición por tonelada de vidrio en 24 horas, para tener una operación confiable del horno debe darse una tolerancia en el cálculo del combustible a introducir; para lo cual se toma como base de cálculo 11 pies cuadrados de área de fundición por tonelada en 24 horas. Esta disminución es aconsejada por emperiencia de esta clase de cálculos. Por lo tanto se tiene:

240 pie cuad./ 11 pies cuadrados/tonelada = 21,8 toneladas.

Con esto tenemos que calcular el combustible como si se fuera a producir 21,8 toneladas en 24 horas. Esto nos da una confiabilidad de trabajo.

5-a. CALCULO DEL CALOR DE MANTENIMIENTO.

Para obtener el calor necesario de mantenimiento se hace uso de la figura P-1. El número de Btu por hora y por pie cuadrado de área de fundición que se debe introducir es de 36.500. Puesto que el área de fundición para este horno es de 240 pies cuadrados, el calor necesario para esta área es:

$$\frac{36,500 \text{ Btu/pies cuadrado/hora}}{} \text{ (240 pies cuadrados)} = 8.760.000 \text{ Btu por hora.}$$

Se debe tomar un 20 por ciento para los bloques del fondo.

8.760.000 (0,20) = 1.752.000 Btu por hora.

5-b. CALCULO DEL CALOR NECESARIO PARA FUNDIR EL VIDRIO UNICAMENTE.

El calor necesario para fundir una libra de vidrio es de 1100 Btu; o sea 2200.000 Btu por tonelada [16]. Para fundir las 21,8 toneladas se necesitará:

$$\frac{2.200.000\ (21,8)}{24} = 1.998.333 \text{ Btu por hora.}$$

El calor total que se deberá suministrar al horno será la suma de toda la energía calorífica calculada anteriormente. O sea:

8.760.000 + 1.752.000 + 1.998.33 = 12.510.333 Btu por hora.

5-c. CALCULO DEL COMBUSTIBLE.

A continuación se detalla el cálculo del combustible necesario para producir la energía calórica anteriormente calculado.

Las características del combustible a usar son:

Valor calórico = 152.000 Btu por galón

Peso del combustible = 8.108 libras por galón.

El combustible requerido será:

$$\frac{12.510.333 \text{ Btu/hora}}{152.000 \text{ Btu/galón}} = 82,5 \text{ galones por hora; o}$$

82,5 galones/hora(8,108 libras por galón) = 668 libras por hora.

6. CALCULO DEL AREA DE LA LUMBRERA.

El área requerida para la lumbrera (Port) para cualquier tamaño de horno puede obtenerse de la figura P-2; Para hornos en que la combustión es en el extremo (end-fired furnace), hay que tomar un 50 por ciento más sobre la longitud del horno; puesto que la longitud de nuestro horno es de 20 pies, se tomará para el cálculo 30 pies de longitud. Según esto se encuentra que la lumbrera tendrá 71 pulgadas cuadradas de área, por cada millon de Btu introducido por hora. Luego el área de la lumbrera para las 12.510.333 Btu por hora será:

$$\frac{71\ (12.510.333)}{1.000.000} = 890 \text{ pulgadas cuadradas.}$$

7. CALCULOS DE LOS CONDUCTOS DE GASES Y CONDUCTOS DEL REGENERADOR.

El área requerida para los conductos de gases, válvulas y el conducto

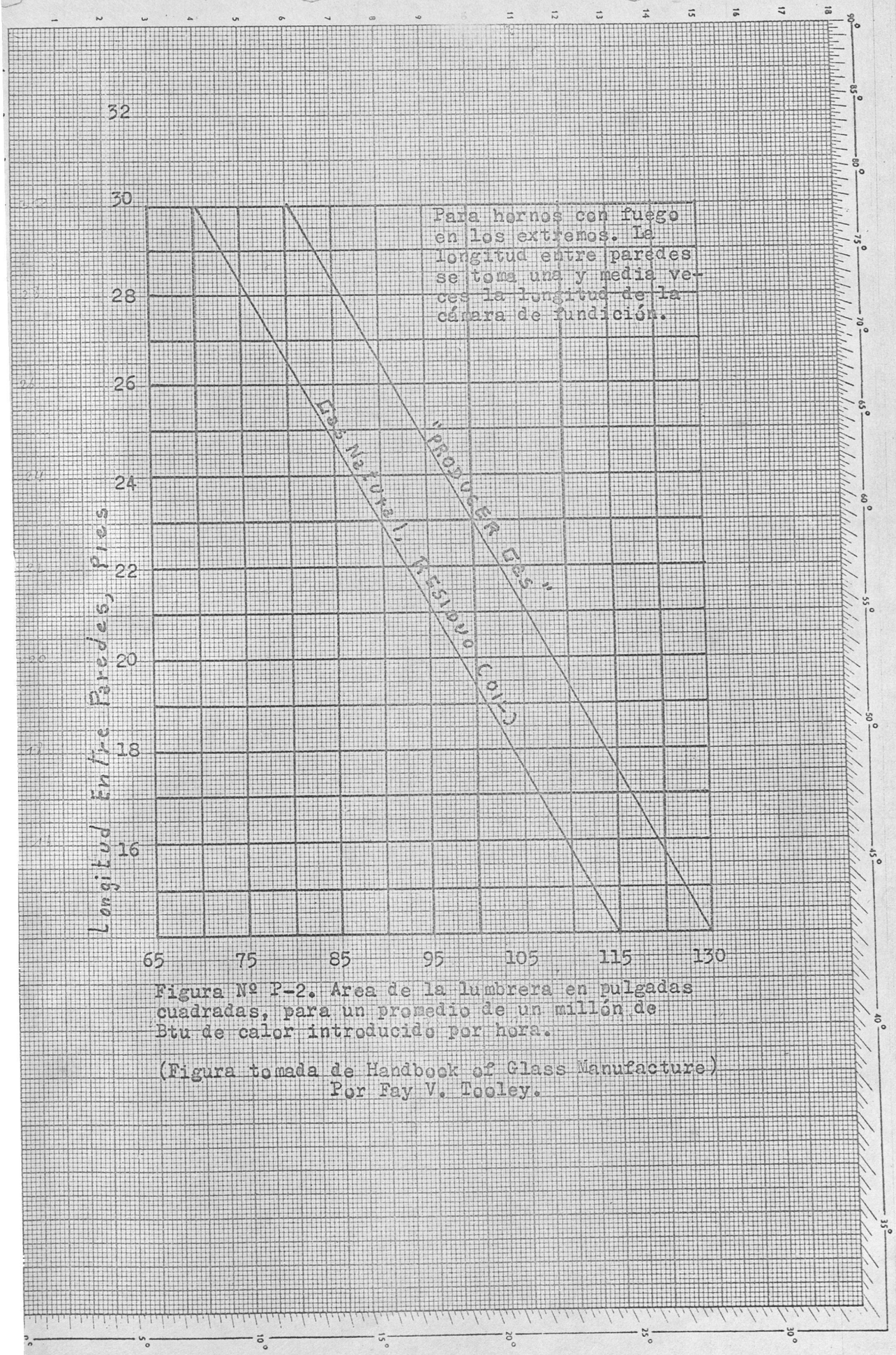


Figura Nº P-2. Area de la lumbrera en pulgadas cuadradas, para un promedio de un millón de Btu de calor introducido por hora.

(Figura tomada de Handbook of Glass Manufacture)
Por Fay V. Tooley.

del regenerador pueden ser calculados en base al volumen de gases o productos de la combustión. Las temperaturas probables y las velocidades permisibles , en cada una de las partes del horno, serán basadas en datos de las tablas Nº P-3 y N; P-4.

Según los cálculos de combustión (Sección 4.) ; se tiene que la composición de los productos de la combustión son : CO_2; H_2O; SO_2 y N_2; que tienen un peso de 15,375 libras por libra de combustible. Dado que la densidad de los productos de la combustión es de 0,0764 libras po pie cúbico (Sección 4-a) su volumen es 201 pies cúbicos por libra de combustible. El combustible a introducir (Sección 5) es de 82,5 galones. ó 668 libras por hora. Luego los pies cúbios de los productos de la combutión, para el combustible que se introducirá es:

668 libras por hora x 204 pies cúbicos per libra = 136.272 pies cúbicos por hora. ó 38,9 pies cúbicos por segundo.

7-a. CALCULO DE LA CANTIDAD DE AIRE PARA LA COMBUTION.

Según los cálculos de combustión (Sección 4) se necesitan 14,47 libras de aire por libra de combustible; como la densidad del aire es de 0,0765 libras por pie cúbico (a 60 °F); el volumen delaire es 14,47/0,0765 = 189 pies cúbicos de aire por libra de combustible. Puesto que para los cálculos se ha tomado un exceso de 10 por ciento se tiene:

$$\frac{0,10(668 \times 189)}{3600} = 3,52 \text{ pies cúbicos por segundo}$$

El total de los gases quemados o productos de la combustión es:

38,9 + 3,52 = 42,42 pies cúbicos por segundo a 60 grados fahrenheit y presión normal.

7-al. CANTIDAD TOTAL DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTION.

En la sección anterior se ha calculado la cantidad total de los productos de la combustión. Est$_a$ es:

42,42 pies cúbicos por segundo a 60 grados fahrenheit y presión normal.

TABLA Nº P-3

TEMPERATURAS USUALES EN LOS HORNOS REGENERATIVOS

(Datos tomados del Handbook of Glass Manufacture)
Por Fay V. Tooley

PARTE DEL HORNO	TEMPERATURA EN GRADOS FAHRENHEIT
Temperatura en la cámara de fundición	2600-2900
Productos de la combustión dejando la lumbrera	2550
Gases entrando al "Checker"	2470
Gases dejando el "Checker"	1000
Aire precalentado (Promedio)	1700
Gases entrando en la chimenea	950
Promedio de los gases en la chimenea	760

TABLA Nº P-4

VELOCIDADES DE LOS GASES EN UN HORNO REGENERATIVO

(Datos tomados del Handbook of Glass manufacture)

Por Fay V. Tooley.

PARTE DEL HORNO	VELOCIDAD EN PIES POR SEGUNDO.
Gases en el conducto del horno al regenerador	15-20
Gases entrando al "Checker" a 2470 °F	5,25-6,2
Gases bajo el Checker	8
Gases en el conducto a la válvula	10-15
Gases en la válvula de inversión	20
Gases en el conducto a la chimenea	10-15
Gases en la chimenea	Ver Tabla Nº P-6 Sección 9 de este Anexo.

7-b CALCULO DEL CONDUCTO QUE UNE EL REGENERADOR CON EL HORNO.

De acuerdo con la tabla Nº P-3 la temperatura de los gases que entran en el conducto que une la cámara regenerativa con la cámara de fundición es 2470 grados fahrenheit. Puesto que los gases productos de la combustión están calculados a la temperatura de 60 grados fahrenheit es necesario calcular el flujo de gases a la temperatura de 2470 grados fahrenheit a la que trabajarán en esta parte del horno. Por lo tanto se tiene:

$$\text{Flujo de gases a } 2470\ ^{\circ}F = 42{,}42 \left(\frac{2470 + 460}{60 + 460} \right) = 238{,}82 \text{ pies cúbicos por segundo.}$$

La velocidad permisible en el conducto es 20 pies por segundo, según se detalla en la tabla Nº P-4. Aplicando la relación de flujo de volumen se tiene:

$$\text{Area del conducto} = \frac{238{,}82 \text{ pies cúbicos por segundo}}{20 \text{ pies por segundo}} = 11{,}94 \text{ pies cuadrados}$$

7-c CALCULO DEL AREA DEL CONDUCTO LIBRE DEL "CHECKER".

La temperatura en el enladrillado jaquelado "checker", de acuerdo con la tabla Nº P-3, es 2470 grados fahrenheit. El flujo de gases a esta temperatura es de 238,82 (Sección anterior) pies cúbicos por segundo. La velocidad permisible según la tabla Nº P-4 es de 5,25 pies por segundo. El área del conducto es :

Area libre del enladrillado = 238 / 5,25 = 45,5 pies cuadrados.

7-d. CALCULO DEL AREA DEL CONDUCTO BAJO EL "CHECKER".

La temperatura en el conducto bajo el enladrillado jaquelado es de 1000 grados fahrenheit, según tabla Nº P-3. Es necesario hacer la corrección del flujo de gases a esta temperatura; ya que los gases están referidos a 60 grados fahrenheit y presión normal.

$$\text{Flujo de gases a 1000 °F} = 42{,}42 \left(\frac{1000 + 460}{60 + 460}\right) = 120{,}9 \text{ pies cúbicos por segundo.}$$

La velocidad permisible en este conducto es 8 pies por segundo como se muestra en la tabla Nº P-4. El área del conducto es:

$$\text{Area delc onducto} = \frac{120{,}9 \text{ pies cúbicos/segundo}}{8 \text{ pies por segundo}} = 15{,}1 \text{ pies cuadrados.}$$

7-e CALCULO DEL AREA DEL CONDUCTO QUE VA A LA VALVULA DE INVERSION.

La temperatura de los gases en el conducto que va a la válvula de inversión es 1000 grados fahrenheit (ver tabla Nº p-3) por lo tanto el flujo de gases a esta temperatura es de 120,9 pies cúbicos por segundo (Ver párrafo 7-d). La velocidad permisible en el conducto en estudio es de 10-15 pies por segundo (dato de la tabla Nº P-4). Tomo una velocidad de 12 pies por segundo para el cálculo del área.

$$\text{Area del conducto a la válvula} = \frac{120{,}9 \text{ pies cúbicos/segundo}}{12 \text{ pies /segundo}} = 10{,}008$$

pies cuadrados.

7-f.CALCULO DEL AREA DE LA VALVULA DE INVERSION.

La temperatura de los gases en la válvula de inversión es de 950 grados fahrenheit, y la velocidad adecuada es 20 pies por segundo(Tabla Nº P-3 y Nº P-4). El flujo de gases a 950 grados fahrenheit es:

$$\text{Flujo de gases a 950 °F} = 42{,}42 \left(\frac{950 + 460}{60 + 460}\right) = 115 \text{ pies cúbicos por segundo.}$$

$$\text{Area en la válvula} = \frac{115 \text{ pies cúbicos/segundo.}}{20 \text{ pies / segundo}} = 5{,}75 \text{ pies cuadrados.}$$

7-g. CALCULO DEL AREA DEL CONDUCTO A LA CHIMENEA.

La temperatura en este conducto es de 950 grados fahrenheit y la velocidad permisible es de 12 pies por segundo. (Tabla Nº P-3 y Nº p-4. El flujo de gases es 115 pies cúbicos por segundo (Según párrafo anterior). El área en el conducto a la chimenea es :

$$\text{Area del conducto a la chimenea} = \frac{\text{115 pies cúbicos / segundo}}{\text{12 pies / segundo}} = 9,59$$

pies cuadrados.

Todos estos cálculos se resumen a continuación.

Lugar del horno	Velocidad pies por segudo	Temperatura ° F	Flujo pies cúbicos por segun. do.	Fracción Relación de tempe- raturas.	Area pies cuadra- dos.
Gases		60	42,42		
Enladrillado	5,25	2470	238,82	5,63	45,5
Conducto vertical	20	2470	238,82	5,63	11,94
Conducto bajo el "checker"	8	1000	120,9	2,85	15,1
Conducto a la válvula	12	1000	120,9	2,85	10,008
Válvula de inver- sión	20	950	115	2,71	5,75
Conducto a la chimenea	12	950	115	2,71	9,59

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1959
BIBLIOTECA

8. SELECCION DE LOS QUEMADORES.

Puesto que hay que quemar 82,5 galones de combustible por hora; se ha seleccionado, según Hauck[21], un quemador que trabaje a 60 libras por pulgada cuadrada de presión, cuya capacidad máxima es de 95 galones por hora y la capacidad mínima es 25 galones por hora. El horno poseerá dos quemadores de este tipo que deben trabajar alternativamente según se invierta el aire en las cámaras regenerativas.

8-a. CALCULO DE LA CANTIDAD DE AIRE PARA LA ATOMIZACION DEL COMBUSTIBLE.

Para el cálculo de la cantidad de aire necesaria para la atomización del combustible, se seguirá la instrucciones del catálogo Hauck[21]. Escojo la máxima capacidad del quemador, 95 galones por hora, esta cantidad la multiplico por un factor que se da en la tabla Nº P-5 que en nuestro cálculo es 2,750. Por lo tanto la cantidad de aire para la atomización del combustible será:

95 (2,75) = 261,25 pies cúbicos por minuto.

9. CALCULO DEL DIAMETRO DE LA CHIMENEA.

El diámetro de la chimenea está basado sobre la velocidad permisible en la misma, de acuerdo con el peso de los gases que circulan por ella. En la Tabla Nº P-6 se dan velocidades de chimeneas de acuerdo con el flujo de gases por hora.

9-a. CALCULO DEL PESO DE LOS GASES POR HORA.

Para encontrar la velocidad adecuada en la chimenea es necesario calcular primeramente el flujo de los gases por hora que pasarán por la chimenea. Se sabe (Sección 5-c) que los productos de la combustión pesan 15,37 libras por libra de combustible y que son 668 libras de combustible por hora que se combustionarán. Por lo tanto el peso de los gase por hora es:

15,37 (668) = 10267,16 libras de gase por hora.

TABLA Nº P-5

(Tomada del Catalog Nº 456 Hauck Oil Burners)

Presión del aire de atomización en libras por pulgada cuadrada.	P.C.M. de aire por galones por hora de combustible
30	3,50
40	3,25
50	3,00
60	2,75
70	2,50
80	2,25
90	2,00
100	1,75
125	1,5
150	1,25

TABLA Nº P-6

(Datos tomados del Handbook of Glass Manufacture)
Por Fay V. Tooley.

GASES Libras por hora.	VELOCIDAD Pies por segundo.
3600	10
55760	15
120900	20
247000	25
559000	30
1105000	35

9-b. CALCULO DEL PESO DEL 10 POR CIENTO DE AIRE .

El exceso de aire por segundo como se indica en la sección 7-a, es de 3,52 pies por segundo; por hora será 3,52 (3600) = 12.672 pies cúbicos por hora. La densidad del aire a 60 grados fahrenheit es 0,0765 libras por pie cúbico, el peso del exceso de aire es:

12.672(0,0765) = 968 libras por hora.

9-c. PESO TOTAL DE LOS GASES POR HORA.

El peso total de los gases de la combustión es de:

10.267,18 + 968 = 11.235,18 libra por hora.

9-d. CALCULO DEL AREA DE LA CHIMINEA.

La velocidad permisible para descargar las 11.235 libras por hora por la chimenea, de acuerdo con la tabla Nº P-6, es 11 pies por segundo. El promedio de temperatura en la chimenea es 760 grados fahrenheit, (Ver tabla Nº P-3). Puesto que los gases están referidos a 60 grados fahrenheit es necesario hacer la corrección para la temperatura promedio de la chimenea.

$$\text{Flujo de gases a 760 °F} = 4242\left(\frac{760 + 460}{60 + 460}\right) = 100 \text{ pies cúbicos por segundo.}$$

$$\text{Area de la chimenea} = \frac{100 \text{ pies cúbicos/segundo}}{11 \text{ pies por segundo}} = 9,1 \text{ pies cuadrados.}$$

Diámetro de la chimenea = 3,4 pies.

10. CALCULO DE LA SUJECION DE LA BOVEDA.[22]

Antes de ralizar el cálculo de las varillas de anclaje de la corona, es necesario realizar el cálculo del empuje de la bóveda.

10-a . Cálculo del empuje de bóveda. El empuje de la bóveda queda determinado por el peso de la misma. La densidad promedio de los materiales refractarios que componen el abovedado es de 0,089 toneladas por pie cúbico. Las dimensiones del horno son 20 pies de largo por 12 pies de ancho. En el diagrama Nº 1 se describe la colocación de la bóveda y las distintas fuerzas que intervienen en el cálculo del empuje. Se designa con G el peso de la porción de corona considerada; C es el centro de gravedad de la parte en cuestión; Ri es el diametro interior de la corona; L la luz del arco; T la tensión del ancla. Hay que distinguir entre el empuje de bpoveda P_1 por cada pie de anchura de bóveda y el empuje de bóveda P_2 por cada ancla. Las ecuaciones para el cálculo para cada una de las fuerzas antes descriptas son:

$P_1 = G\ m / f$

$P_2 = P_1\ l.$

$$T = \frac{P_2\ b}{a\ b}$$

Donde:

P_1 = Empuje de bóveda por cada pie de anchura.

P_2 = Empuje de bóveda por cada ancla

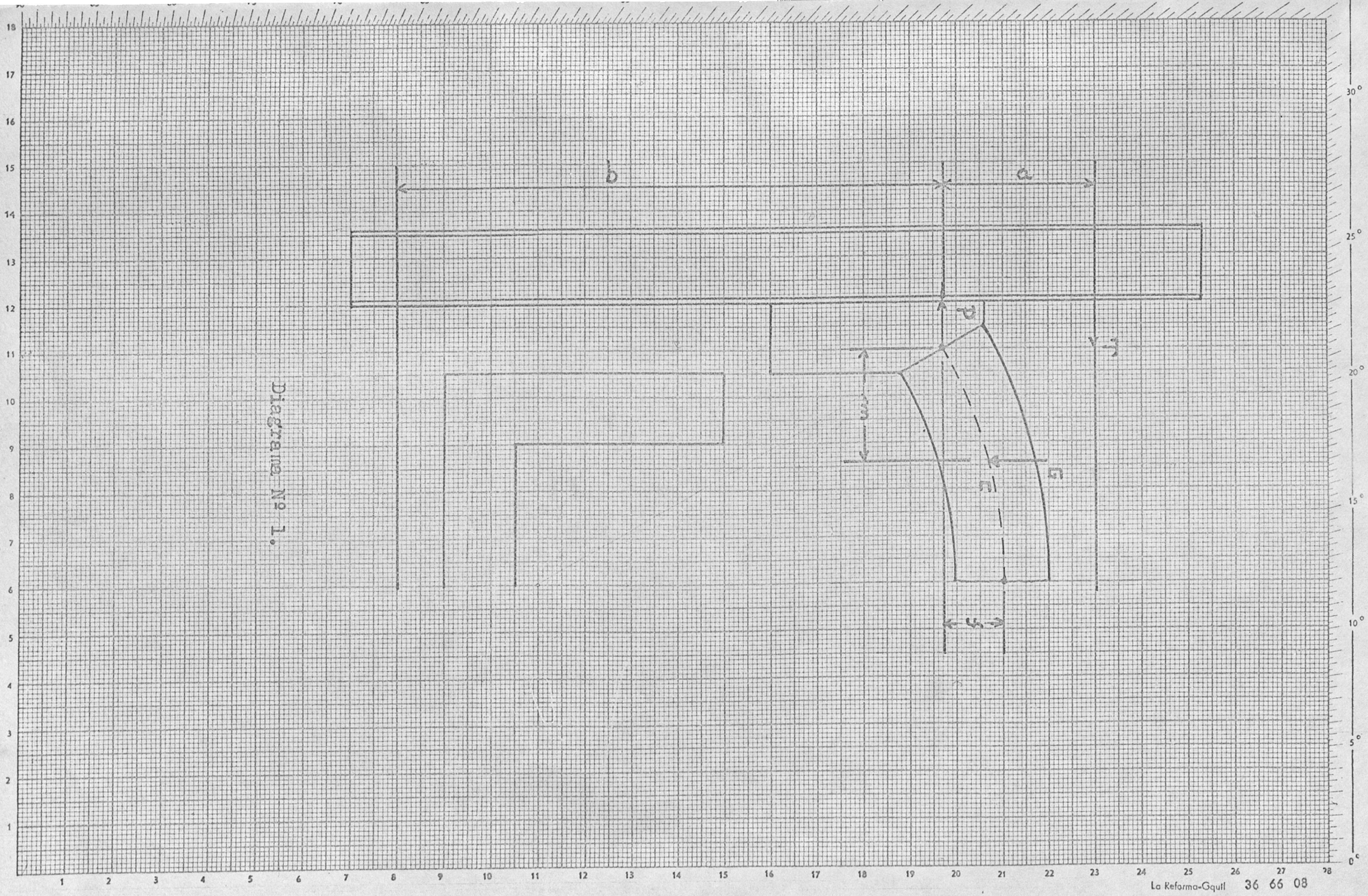
l = anchura de bóveda por cada ancla

a y b como se indica en el diagrama Nº 1.

Conociendo las dimensiones de la bóveda se puede calcular fácilmente su peso.

Peso = Volumen por peso específico.

Ante todo se calculará el volumen de la corona.


b
a
c
m
e
f
s
Diagrama Nº 1.
La Reforma-Gquil 36 66 08

Se tomará un arco natural para esta corona. Se entiende por arco natural un arco cuyo radio sea igual a la luz .

El volumen de la corona es = Area de la corona x longitud.

Refiriéndonos al diagrama Nº 2 se tiene:

Area ABCD = $PI(R_e^2 - R_i^2) / 360$

E esta ecuación se tiene:

R_e = 13 pies

R_i = 12 pies

e = 1 pie

θ = 30 grados.

$$\text{Area ABCD} = \frac{3,14 \mid (13)^2 - (12)^2 \mid \mid 30 \mid}{360} = 6,56 \text{ pies cuadrados.}$$

El volumen por pie de longitud de la corona es:

Volumen = 6,56 pies cúbicos por pie de longitud.

El peso específico del ladrillo es 150 libras por pie cúbico. El peso por pie de longitud de la corona es:

Peso = 6,56 pies cúbicos (150 libras / pie cúbico) = 985 libras por pie de longitud.

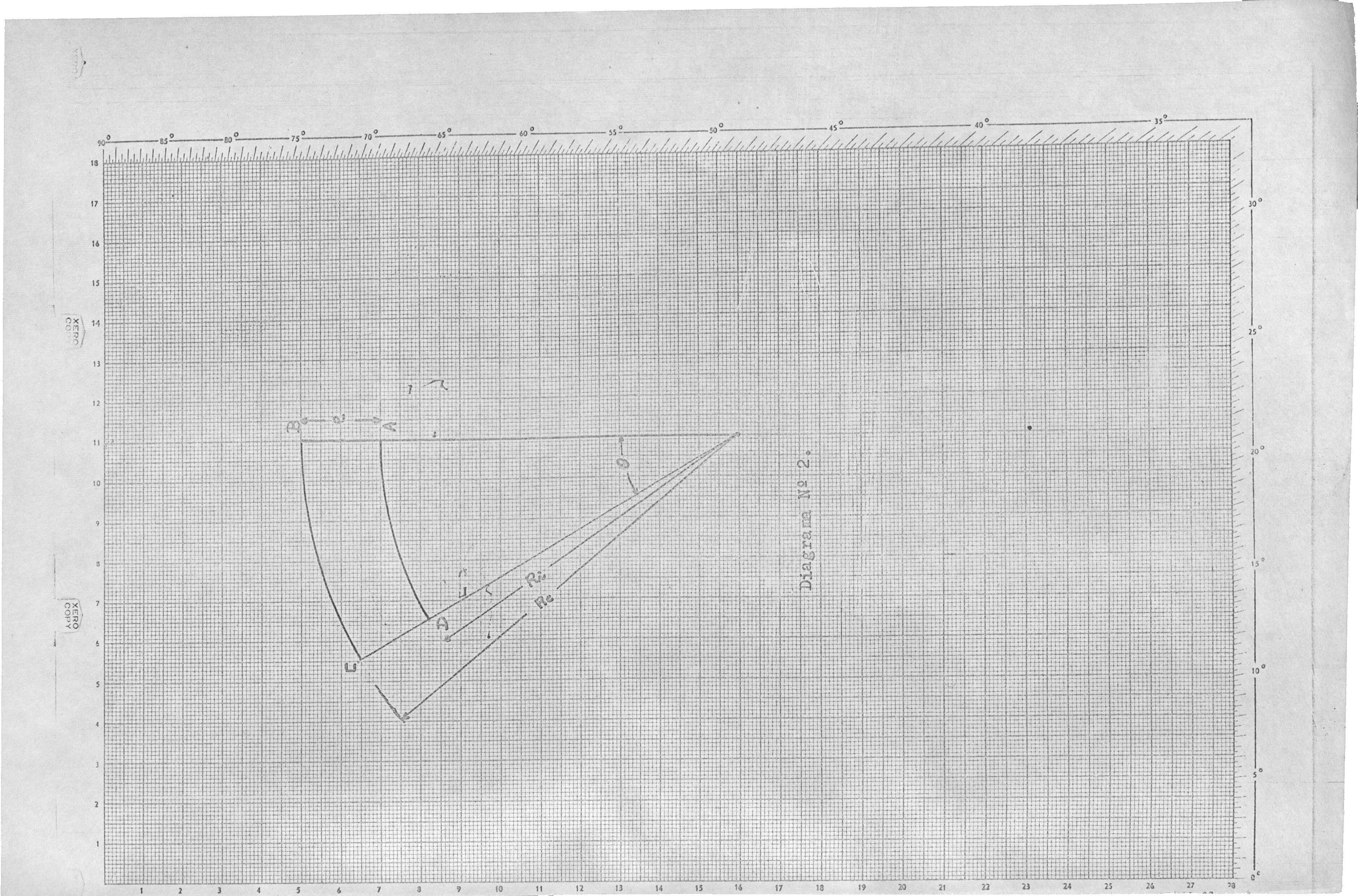
Cálculo de los valores de f y m.

En el diagrama Nº 3 se muestra la construcción geométrica de la parte en estudio.

El ángulo DAB del triángulo BAD es igual al ángulo BOF del triángulo FOB por tener sus lados respectivamente perpendiculares y este ángulo es igual a $\theta/2$. De l triángulo rectángulo ADB se tiene:

$$f = AB \tan \theta/2$$

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1969
BIBLIOTECA


Diagram No 2.

De los triángulos semejantes ADO y HIO (Diagrama Nº 3) se tiene:

$$\frac{AD}{HI} = \frac{AO}{HO} \quad \text{de donde} \quad AD = (HI)\left(\frac{AO}{HO}\right)$$

$HO = R_i$

$AO = R_i + \frac{1}{2}e$

$HI = \frac{1}{2}L$

Reemplazando estos valores en la relación anterior se tiene:

$$AD = \left(\tfrac{1}{2}L\right)\left(\frac{R_i + \frac{1}{2}e}{R_i}\right) \quad \text{de donde} \quad f = \left|\left(\tfrac{1}{2}L\right)\left(\frac{R_i + \frac{1}{2}e}{R_i}\right)\right| \tan\theta/2$$

Cuando se tiene un arco natural el radio R_i es igal a la luz L; por tanto $\theta = 30°$. Reemplazando los valores nos queda:

$$f = \left|\left(6\right)\left(\frac{12 + 0{,}5}{12}\right)\right| \tan 15° = 6{,}25\ (0{,}2679) = 1{,}675 \text{ pies.}$$

Para el cálculo de m se procede en la siguiente forma. En el triángulo ADB del diagrama Nº 4 $m = AB \cos\alpha$ donde en el triángulo isósceles AOB se tiene $(\alpha + \phi) + (\alpha + \phi) + \frac{1}{2}\theta = 180°$ de donde

$$\alpha = \frac{180 - \frac{1}{2}\theta - 2\theta}{2}$$

En el triángulo rectángulo AFO se tiene: $\theta + \theta = 90°$ de donde $\phi = 90 - \theta = 60°$; luego nos queda:

$$\alpha = \frac{180 - 15 - 120}{2} = 22{,}5° \quad \text{y} \quad AB = 2(R_i + \tfrac{1}{2}e)\ \text{sen}\ \theta/4$$

Reemplazando valores en $m = AB \cos$ se obtiene

$m = 2(R_i + \frac{1}{2}e)$ sen 7,5 cos22,5 = 2(12,5)(0,1305) (0,9239) = 3 pies.

Diagrama Nº 3.

Diagrama Nº 4.

BIBLIOTECA

Ahora procedemos a calcular los empujes.

Empuje de bóveda por cada pie de largo.

$$P_1 = \frac{G\ m}{f} = \frac{985 \text{ libras} (3 \text{ pies})}{1{,}675 \text{ pies}} = 1.770{,}7 \text{ libras.}$$

Este empuje es cuando el horno está frío. Este empuje hay que multiplicarlo por un factor que toma en consideración el calentamiento. Este factor[22] es 1,2. Por lo tanto 1.770,7 (1,2) = 2.125 libras.

Empuje por cada ancla.

$P_2 = P_1\ (1) = 2.125(5) = 10.625$ libras . Se ha multiplicado por 5 dado que las anclas estafán separadas 5 pies.

Tendión en el ancla.

$$T = \frac{P_2\ b}{a + b} = \frac{10.625\ (10)}{10 + 4} = 7.589 \text{ libras.}$$

10-b. CALCULO DE LA SECCION DE LA VARILLA DE ANCLAJE.

$$\text{Area varilla} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Esfuerzo de tracción}}$$

$$\text{Area varilla} = \frac{7.589 \text{ libras}}{5000 \text{ libras / pulgada cuadrada}} = 1{,}518 \text{ pulgadas cuadradas.}$$

El hierro comercial tiene una resistencia máxima a la tracción de 42000 libras por pulgada cuadrada[23]. Se ha tomado un factor de seguridad de 8,4.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL · GUAYAQUIL · 1959
BIBLIOTECA

ANEXO 4

CALCULO DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES FISICAS DEL VIDRIO A FABRICARSE.

1. CALCULO DE LA EXPANSION TERMICA.- El coeficiente de expansión térmica del vidrio a fabricarse puede ser calculadoc con suficiente exactitud en base a la composición química del vidrio usando factores apropiados. Los factores más generalizados para esta clase de cálculos son los dados por English and Turner[23] dados en la tabla Nº 4-1.

El vidrio a fabricarse, como se sabe, tiene la siguiente composición:

S_1O_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	SO_3
71,25	0,65	9,90	2,40	14,90	0,70

Para obtener el coeficiente de expansión térmica del vidrio a fabricar, se multiplica el porcentaje de cada uno de los óxidos por cada factor correspondiente dado en la tabla Nº 4-1 y luego se saca el sumatorio de estos productos como se detalla a continuación.

SiO_2	71,25 x 0,05 x 10^{-7}	3,5625 x 10^{-7}
Al_2O_3	0,65 x 0,14 x 10^{-7}	0,0910 x 10^{-7}
CaO	9,90 x 1,63 x 10^{-7}	16,1370 x 10^{-7}
MgO	2,40 x 0,45 x 10^{-7}	1,0800 x 10^{-7}
Na_2O	14,90 x 4,32 x 10^{-7}	64,3680 x 10^{-7}
SUMATORIO.....		85,2385 x 10^{-7}

Por lo tanto el coeficiente de expansión térmica para el vidrio de ventana que se fabricará en esta Planta es 85,2385 x 10^{-7} por grado centígrado.

2. CALCULO DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA. La conductividad térmica de un vidrio puede ser calculada aproximadamente en base a la composición química. La temperatura de referencia es 0°C. Winkelmann[25] empleó la siguiente ecuación lineal para calcular la conductividad térmica de un vidrio a partir de su composición química.

$1/k = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + ...$

TABLA Nº Q-1

FACTORES PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA POR GRADO CENTIGRADO ENTRE 25 y 90 °C.

(Por English and S. E. S. Turner)

SiO_2	$0,05 \times 10^{-7}$
B_2O_3	$-0,66 \times 10^{-7}$
Na_2O	$4,32 \times 10^{-7}$
K_2O	$3,90 \times 10^{-7}$
Al_2O_3	$0,14 \times 10^{-7}$
CaO	$1,63 \times 10^{-7}$
MgO	$0,45 \times 10^{-7}$
ZnO	$0,70 \times 10^{-7}$
BaO	$1,40 \times 10^{-7}$
PbO	$1,06 \times 10^{-7}$
ZrO_2	$0,23 \times 10^{-7}$

Nota. - 0,66 es válido únicamente para la región comprendida entre 0 y 12 % de B_2O_3.

Donde k es el coeficiente de conductividad térmica, b es el porcentaje de la composición por volumen y x es el coeficiente de conductividad térmica asignada a cada óxido. Los coeficientes b_1 , b_2, etc. pueden ser obtenidos de los porcentajes en peso usando los factores de densidad y la relación desarrollada por Winkelmann[25], que se da a continuación:

$$b_1 = \frac{100\ a_1/z_1}{\sum a/z}$$

donde a_1, a_2, etc. se refiere a los porcentajes en peso del vidrio considerado.

Los factores x y z de varios óxidos se dan a continuación en la tabla Nº Q-2.

Para el vidrio de ventana que se fabricará cuyo porcentaje en peso es

SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	SO_3
71,25	0,65	9,90	2,40	14,90	0,70

calculo primeramente la relación a/z

Para el SiO_2

a = 71,25 a/z = 71,25/ 2,3 = 31,1

Para el Al_2O_3

a = 0,65 a/ z = 0,65/ 3,20 = 0,203

Para el CaO

a = 9,90 a/ z = 9,90/ 3,90 = 2,54

Para el MgO

a = 2,40 a/ z = 2,40/ 3,90 = 0,615

Para el Na_2O

a = 14,90 a/ z = 14,90/ 3,20 = 4,66

Procedo a calcular el sumatorio de a/z.

$\sum a/z = 31,1 + 0,203 + 2,54 + 0,615 + 4,66 = 39,118.$

TABLA Nº Q-2

FACTORES PARA EL CALCULO DE LA CONDUCTIVIDAD

TERMICA DEL VIDRIO

(Por Russ)

OXIDO	CONDUCTIVIDA TERMICA FACTOR (x)	DENSIDAD FACTOR (z)
SiO_2	3,00	2,30
B_2O_3	3,70	2,35
Na_2O	10,70	3,20
K_2O	13,40	2,90
CaO	8,80	3,90
BaO	11,85	7,10
ZnO	8,65	5,90
PbO	11,70	10,00
MgO	4,55	3,90
Al_2O_3	6,25	3,20
Fe_2O_3	6,55	3,87

A continuación se procede al cálculo de b_1, b_2, etc., de acuerdo con la relación de Winkelmann.

Para el SiO_2, designado con subíndice (1)

$$b_1 = \frac{100\ (31,1)}{39,118} = 79,6$$

Para el Al_2O_3, designado con subíndice (2)

$$b_2 = \frac{100\ (0,203)}{39,18} = 0,519$$

Para el CaO, denominado con el subíndice (3)

$$b_3 = \frac{100\ (2,54)}{39,118} = 6,49$$

Para el MgO, designado con el subíndice (4)

$$b_4 = \frac{100\ (0,615)}{39,118} = 1,572$$

Para el Na_2O, designado con el subíndice (5)

$$b_5 = \frac{100\ (4,66)}{39,118} = 11,91$$

Con estos datos procedo al cálculo de la conductividad térmica del vidrio de ventana a fabricarse, de acuerdo con la relación $1/k = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5$. Reemplazando valores:

$1/k = 79,6(6,25) + 0,519(6,25) + 6,49(8,80) + 1,572(4,55) + 11,91(10,7)$

$1/k = 433,741$. Por lo tanto $k = 1/\ 433,741 = 0,00294$ calorías por centímetro cuadrado por segundo por grado centígrado por centímetro. En unidades inglesas $k = 0,00294(2903) = 8,53482$ Btu por pie cuadrado por hora por grado fahrenheit por pie. El número 2903 es el factor de conversión de unidades.

Según Russ[26] el valor de la conductividad medida y calculada tiene una variación de ± 1,7 por ciento. La conductividad se incrementa 0,001 por grado centígrado como promedio.

3. CALCULO DEL CALOR ESPECIFICO DEL CIDRIO A FABRICARSE.- El calor específico del vidrio a fabricarse, puede determinarse en base a su composición química, mediante el uso de la ecuación empírica

$$C_m = \frac{at + c_o}{0,00146t + 1}$$

donde, C_m es el calor específico medio tomado entre 0°C. y t°C.
a y c_o son factores dados por Sharp y Ginther[27] para un intervalo de temperatura 0°C. y 1500°C. Estos factores se enlistan en la tabla Nº Q-3.

La composición del vidrio a fabricarse es:

SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	SO_3
71,25	0,65	9,90	2,40	14,90	0,70

Primeramente es necesario proceder a calcular los factores a y c_o, o mejor dicho el producto de cada factor por el porcentaje del cada óxido que forma el vidrio en cuestión.

Para el SiO_2		
Porecentaje/100	Factor a	Producto.
0,7125	0,000468	0,00033445
	Factor c_o	
0,7125	0,1657	0,118061
Para el Al_2O_3	Factor a	Producto
0,0065	0,000453	0,000009445
	Factor c_o	
0,0065	0,1765	0,00114725
Para el CaO	Factor a	
0,099	0,000410	0,00004059
	Factor c_o	
0,099	0,1709	0,0169191

TABLA Q-3

FACTORES PARA EL CALCULO DEL CALOR ESPECIFICO DEL VIDRIO

(Por Sharp and Ginther)

OXIDO	FACTOR a	FACTOR c_o
SiO_2	0,000468	0,1657
Al_2O_3	0,000453	0,1765
CaO	0,000410	0,1709
MgO	0,000514	0,2142
Na_2O	0,000829	0,2229
K_2O	0,000335	0,2019
B_2O_3	0,000635	0,1980
SO_3	0,000830	0,1890

Para el MgO

Porcentaje	Factor a	Producto
0,024	0,000514	0,000012336
	Factor c_o	
0,024	0,2142	0,00479808

Para el Na_2O

Porcentaje	Factor a	Producto
0,149	0,000829	0,000123521
	Factor c_o	
0,149	0,2229	0,0332121

Para el SO_3

Porcentaje	Factor a	Producto
0,007	0,00083	0,00000581
	Factor c_o	
0,007	0,189	0,001323

El cálculo del factor a del vidrio puede resumirse en la siguiente tabla.

OXIDO	PORCENTAJE	FACTOR a	PRODUCTO
SiO_2	0,7125	0,000468	0,00033445
Al_2O_3	0,0065	0,000453	0,0000029445
CaO	0,099	0,000410	0,00004059
MgO	0,024	0,000514	0,00012336
Na_2O	0,149	0,000829	0,000123521
SO_3	0,007	0,00083	0,00000581
TOTAL (VALOR QUE CORRESPONDE AL FACTOR a DEL VIDRIO)			0,0006306755

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1959
BIBLIOTECA

Factor c_o del vidrio.

OXIDO	PORCENTAJE	FACTOR c_o	PRODUCTO
SiO_2	0,7125	0,1657	0,118061
Al_2O_3	0,0065	0,1765	0,00114725
CaO	0,099	0,1709	0,0169191
MgO	0,024	0,2142	0,00479808
Na_2O	0,149	0,2229	0,0332121
SO_3	0,007	0,189	0,001323
TOTAL (VALOR DEL FACTOR c_g DEL VIDRIO)			0,17546053

Luego los factores para este vidrio son : a = 0,000631 y c_o=0,17546 por lo tanto el calor específico medio del vidrio de ventana a fabricarse es :

$$C_m = \frac{0,000631\ t + 0,17546}{0,00146\ t + 1}$$

En la figura C-1 se muestra el calor específico medio calculado para el vidrio de ventana a fabricarse en la Planta de estudio.

4. CALCULO DE LA DENSIDAD DEL VIDRIO A FABRICARSE. La densidad del vidrio es una función de su composición química. Para calcular la densidad del vidrio en base a su composición química se sigue la técnica de Huggins y Sun[28] que consiste en determinar primero el número de átomos-gramos de Si, N_{Si}, por átomo grano de óxigeno. Los factores apropiados de composición deben ser usados y los cuales dependen de N_{Si}. La siguiente ecuación se aplica:

$$N_{Si} = \frac{(f_{Si})\ (0,0333)}{2(f_1 s_1 + f_2 s_2 + f_3 s_3 + \ldots)}$$

Donde:

N_{Si} = números de átomos-grama de Si por átomo grama de oxígeno.

f_{Si} = fracción de SiO_2 en el vidrio (en peso)

f_1 f_2 f_3 ..... = fracción en peso de otros componentes del vidrio.

S_1 S_2 S_3 ..... = números de átomos de oxígeno de cada componente del vidrio dividido por el peso molecular del óxido componente.

Con esto, se calcula primeramente los valores S_1 S_2 S_3 ..... S_n

VALORES DE S_n PARA LOS OXIDOS USADOS EN EL VIDRIO DE VENTANA

OXIDO	ATOMOS DE OXIGENO	PESO MOLECULAR	S_n = Atomos de oxígeno / Peso molecular
SiO_2	2	60,1	0,0333
Al_2O_3	3	102	0,02943
CaO	1	56,1	0,01783
MgO	1	40,3	0,0248
Na_2O	1	62	0,01613
SO_3	3	80,1	0,03745

CALCULO DEL PRODUCTO f s DE CADA OXIDO DEL VIDRIO

~~OXIDO~~ Al_2O_3	f	S	PRODUCTO
SiO_2	0,7125	0,0333	0,02372625
Al_2O_3	0,0065	0,02943	0,0001917
CaO	0,099	0,01783	0,001765
MgO	0,024	0,0248	0,0005952
Na_2O	0,1490	0,01613	0,00240337
SO_3	0,0070	0,03745	0,0002615
TOTAL			0,02694302

Una vez realizados estos cálculos se procede a encontrar N_{si}.

$$N_{Si} = \frac{0,7125(0,0333)}{2(0,028943)} = \frac{0,02372625}{0,057886} = 0,410$$

Una vez realizados estos cálculo y encintrado N_{si} , valiéndonos de los datos de la tabla Q-4 se encuentra la densidad del vidrio. Puesto que el valor de $N_{Si} = 0,410$ está comprendido entre los valores 0,400 y 0,435, las constantes de la columna C de la tabla Q-4 para los distintos éxidos formadores del vidrio de ventana deben usarse, para calcular primeramente el volumen específico. El cálculo se realiza como se detalla a continuación.

CONSTITUYENTE	FRACCION EN PESO	CONSTANTE DE LA COLUMNA C	PRODUCTO
SiO_2	0,7125	0,4409	0,314141
Al_2O_3	0,0065	0,373	0,024245
CaO	0,099	0,231	0,022869
MgO	0,024	0,322	0,007728
Na_2O	0,149	0,324	0,048276
TOTAL (Volumen de un gramo de vidrio) Volumen Esp.			0,417259

Este total constituye el volumen de un gramo de vidrio o sea su volumen específico (v); su densidad será 1/v = 1/0,4173 = 2,395 gramos por centímetro cúbico.

TABLA Nº Q-4

CONSTANTES DEL VOLUMEN ESPECIFICO V_M DE HUGGINS

AND SUN

OXIDO	A N_{Si}= 0,27-0,345	B N_{Si}= 0,345-0,400	C N_{Si} = 0,400-0,435	D N_{Si} = 0,435-0,500
SiO_2	0,4063	0,4281	0,4409	0,4542
AL_2O_2	0,462	0,418	0,373	0,294
Fe_2O_2	0,282	0,255	0,225	0,176
CaO	0,285	0,259	0,231	0,184
MgO	0,397	0,360	0,322	0,286
ZnO	0,205	0,187	0,168	0,135
BaO	0,142	0,132	0,122	0,104
PbO	0,106	0,0955	0,0926	0,0807
Na_2O	0,373	0,349	0,324	0,281
K_2O	0,390	0,374	0,357	0,329
B_2O_3 (B')	0,590	0,526	0,460	0,345
B_2O_3 (B")	0,791	0,727	0,661	0,546
TiO_2	0,319	0,282	0,243	0,176
ZrO^2	0,222	0,198	0,173	0,130

5. DESVITRIFICACION. Los vidrios son líquidos sub-enfriados y como tales ellos tienden a perder su estado amorfo y pueden llegar a cristalizar si las condiciones son adecuadas. Para vidrios de cualquier composición, existe una temperatura bajo la cual el vidrio tiende a desvitrificar. La desvitrificación es imposible sobre esta temperatura y si ha llegado algo a formarse se disolverá. Esta temperatura se denomina temperatura líquida.

Los vidrios comerciales no deben desvitrificar en las operaciones de trabajo. Algunos vidrios, tales como los silicatos de calcio, desvitrifican tan rápidamente que solamente pueden ser obtenidos en pequeñas piezas enfriando el vidrio fund: Otros vidrios, tales como aquellos que contienen feldespato álcali, sonmuy difíciles de desvitrificar. La razón de desvitrificación de l vidrios tiende a incrementarse como la temperatura cae bajo la temp ratura líquida; pero la desvitrificación es impedida de efectuarse a medida que la viscosidad del vidrio se incrementa.

El diagrama de equilibrio más important Para la tecnología del vidrio Sílice-cal-soda es el dado por Morey[2] La figura Q-2 muestra una parte importante de este diagrama. Las c vas límites dividen al sistema en varios campos y la dirección de c da de temperatura está indicado por las flechas. Dentro de cada cam una sustancia diferente cristaliza cuando hay enfriamiento. La figura Q-3 muestra una porción del diagrama de equilibrio de la figura Q-2 que interesa directamente a la tecnología del vidrio. La región de los vidrios comerciales es esencialmente aquella del compuesto $Na_2O.3CaO.6SiO_2$. Los vidrios en esta región tienen una temperatura líquida entre 725 grados centígrados y 1050 grados centígrados.

Cambios importantes en la temperatura líquida se efectúan por variación en la composición del vidrio. Así tene que al sustituir el CaO por MgO cae la temperatura líquida; una

simple adición de MgO a un vidrio soda-cal-sílice bajará la temperatura líquida en unos 200 grados centígrados. Si nosotros sustituímos Al_2O_3 por CaO la temperatura líquida del vidrio decrece; lo mismo sucede si únicamente se suministra Al_2O_2 en una composición dada de un vidrio. En general la adición de estos óxidos baja la temperatura líquida, e incrementa la viscosidad a esta temperatura; estas dos condiciones reducen la tendencia a la cristalización.

El vidrio de ventana a fabricarse queda situado en el diagrama de Morey en en punto indicado por X.

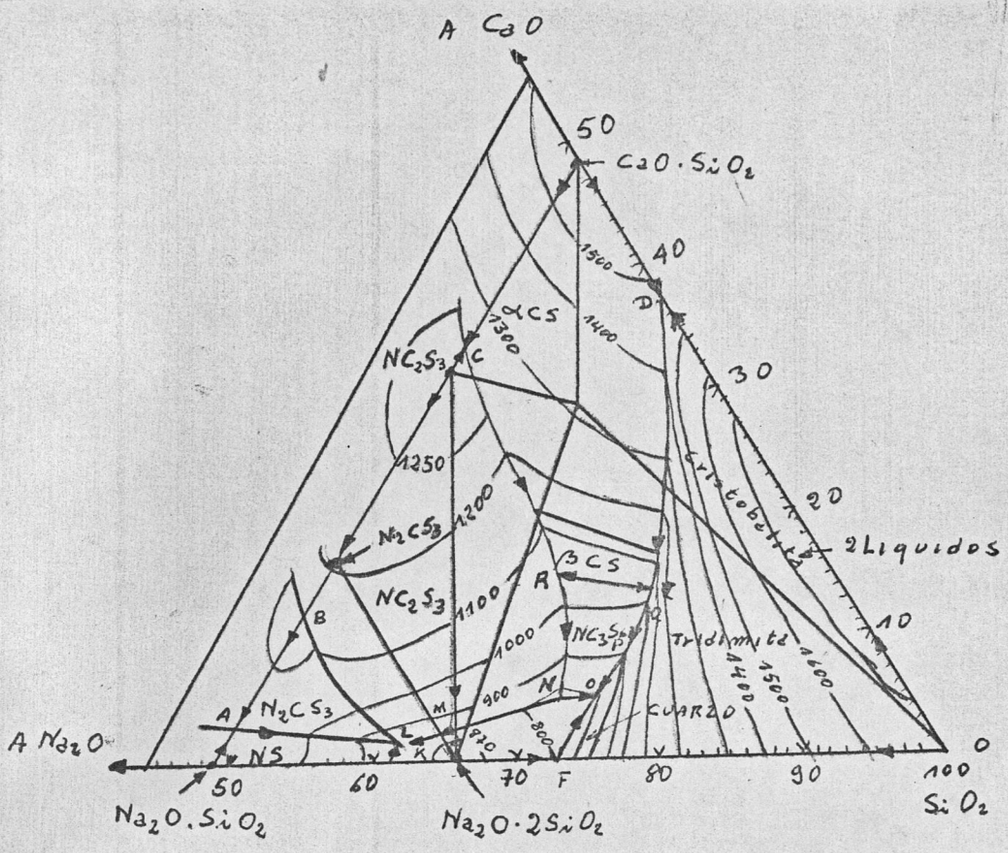
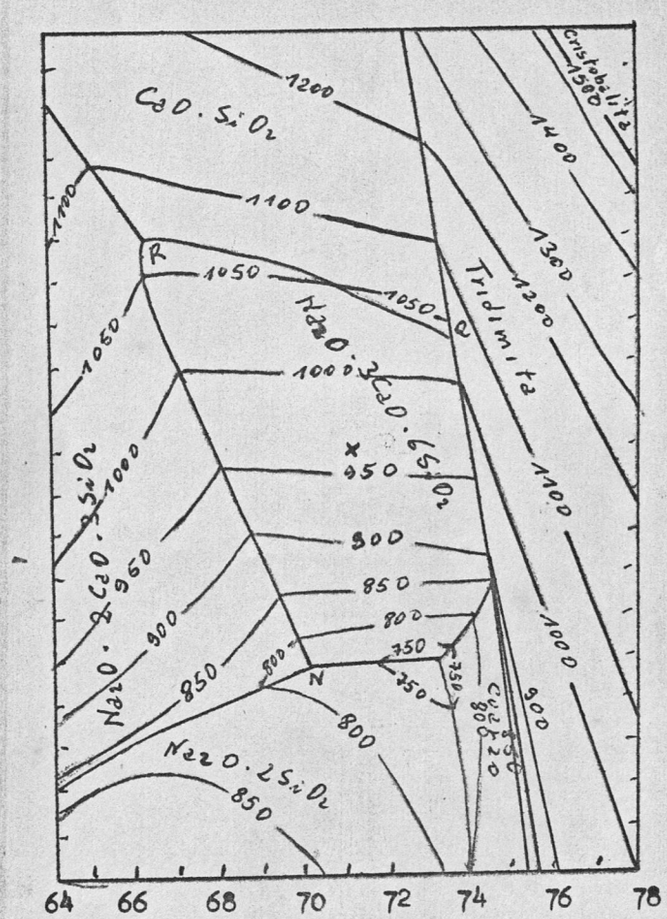


DIAGRAMA CaO-Na_2O- SiO_2. Adaptado de G. W. Morey and N. L. Bowen, Jour. Glass Tech., 9, 232(1925)

Fig Q-2



ISOTERMAS

Isotermas y curvas limitadoras en la región Soda-Cal-Sílice de importancia en la tecnología del vidrio. (De Morey y Bowen).

Fig. Q-3

ANEXO R

A. CALCULOS TEORICOS DE LA CANTIDAD DE OXIDOS QUE EXISTEN EN LAS MATERIAS PRIMAS CUYA FORMULA QUIMICA SE CONOCE.

1.- En la fabricación del vidrio se necesita la alúmina Al_2O_3. Este óxido puede obtenerse de diferentes minerales; entre ellos la alúmina mismo.

2.- El hidróxido de aluminio, conocido con el nombre de alúmina hidratada, cuya fórmula química es $Al_2O_3\ 3H_2O$ nos da el óxido de aluminio

Cálculo de la cantidad de alúmina presente en el $Al_2O_3\ 3H_2O$.

Peso molecular del Al_2O_3 = 102

Peso molecular del $Al_2O_3\ 3H_2O$ = 156,48

Cantidad de alúmina presente = 102/156,48 = 0,654.

Luego una libra de $Al_2O_3.3H_2O$ nos produce 0,654 libras de Al_2O_3. Para obtener una libra de Al_2O_3 se necesita 1/0,654 = 1,531 libras de la materia prima $Al_2O_3.3H_2O$.

3.- El feldespato, conocido con el nombre de microclina, cuya fórmula química (composición típica de un feddespato comercial) $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$

De este compuesto se obtienen los siguientes óxidos: Al_2O_3; K_2O; SiO_2.

Calculo la cantidad presente de cada uno de los óxidos antes nombrados presentes en el feldespato.

Peso molecular del K_2O = 94

Peso molecular del Al_2O_3 = 102

Peso molecular de $6SiO_2$ = 360,6

Peso molecular del $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ = 556,6

Contenido o fracción de Al_2O_3= 102/556,6 = 0,180

Fracción de $6SiO_2$= 360,6/556,6 = 0,650

Fracción del K_2O = 94/556,6 = 0,169

Esto nos indica que se necesita 1/0,180 = 5,656 libras de feldespato para obtener una libra de Al_2O_3.

4.- La cianita (concentrada al 90%) cuya fórmula química es $Al_2O_3SiO_2$. De este mineral se obtiene los óxidos de aluminio Al_2O_3 y el óxido de silicio SiO_2.

Cálculo la cantidad presente de estos óxidos en el mineral cianita.

Peso molecular del Al_2O_3= 102

Peso molecular del SiO_2= 60,1

Peso molecular del $Al_2O_3.SiO_2$= 162,1

Fracción de SiO_2= 60,1/162,1 = 0,371

Fracción de Al_2O_3 = 102/162,1 = 0,629

Se deduce que se necesitan 1/0,629 = 1,59 libras de $Al_2O_3.SiO_2$ para obtener una libra de Al_2O_3.

5.Caolín, denominado arcilla china, cuya fórmula química es $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$. Este compuesto da los siguientes óxidos: Al_2O_3 y SiO_2.

Las cantidades de estos óxidos presentes en el compuesto son:

Peso molecular del Al_2O_3 = 102

Peso molecular de $2SiO_2$ = 120,2

Peso molecular del $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ = 258,232

Fracción de Al_2O_3 = 102/258232 = 0,395

Fracción de SiO_2 = 120,2/258,232 = 0,465

La cantidad de caolín necesaria para obtener una libra de óxido de aluminios es 1/0,395 = 2,53.

6.- Bórax, cuya fórmula química es $Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$, este compuesto nos proporciona los siguientes óxidos: B_2O_3 y Na_2O.

Determino la cantidad presente de estos óxidos en el bórax.

Peso molecular del Na_2O = 62

Peso molecular de $2B_2O_3$ = 139,2

Peso molecular del bórax = 381,36

Fracción del Na_2O = 64/381,36 = 0,163.

Fracción del B_2O_3 = 139,2/381,36 = 0,365

La cantidad necesaria de bórax para obtener una libra de Na_2O es 1/0,163 = 6,135 libras.

La cantidad de Bórax para obtener una libra de B_2O_3 es 1/0,365 =2,738 libras.

7. Bórax Anhidro, denominado Pyrobor, cuya fórmula química es $Na_2O.2B_2O_3$. En igual forma se obtiene de este compuesto los óxidos Na_2O y B_2O_3. Calculo la cantidad presente de estos óxidos en el compuesto.

Peso molecualr del Na_2O = 62

Peso molecular B_2O_3 = 139,2

Peso molecular del $Na_2O.2B_2O_3$= 201,2

Fracción del Na_2O = 62/201,2 = 0,308

Fracción del B_2O_3 = 139,2/201,2 = 0,692

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1959
BIBLIOTECA

La cantidad de bórax anhidro necesario para obtener una libra de B_2O_3 es 1/0,692 = 1,445 libras.

8.- Cal quemada, denominada cal viva, cuya fórmula química es CaO; suministra el óxido de calcio CaO. Se necesita una libra de cal viva para obtener una libra de óxido decalcio.

9.- Cal hidratada, denominada hidróxido de calcio, que tiene la fórmula química CaO.H2O. Este compuesto nos da el óxido de calcio CaO. La cantidad de este óxido presente en el $CaO.H_2O$ es:

Peso molecular del CaO = 56,1

Peso molecular del $CaO.H_2O$ = 74,116

Fracción del CaO = 56,1/74,116 = 0,757

La cantidad necesaria de $CaO.H_2O$ para producir una libra de CaO es 1/0,757 = 1,322 libras.

10.- Piedra Caliza, denominado carbonato de calcio, cuya fórmula química es $CaOO_3$. Este compuesto da el óxido de calcio CaO.

Calculo la cantidad de CaO presente en el carbonato de calcio

Peso molecular del CaO = 56,1

Peso molecular del $CaCO_3$ = 100,111

Peso molecular del CO_2 = 44,011

Fracción de CaO = 56,1/100,111 = 0,56.

La cantidad de carbonato de calcio que se requiere para obtener una libra de CaO es 1/0,56 = 1786 libras.

11.- Cal dolomítica, cuya fórmula química es CaO.MgO. Este compuesto da los óxidos: CaO y MgO. La cantidad de estos óxidos presentes en el compuesto es:

Pseo molecular del MgO = 40,3

Peso molecular del CaO.MgO = 96,4

Fracción de CaO = 56,1/96,4 = 0,582

Fracción de MgO = 40,3/96,4 = 0,418.

La cantidad necesaria de CaO.MgO para producir una libra de CaO y MgO es respectivamente 1/0,582 = 1,720 y 1/0,418 = 2,39 libras.

12.- Dolomita, denominada piedra caliza cruda, con fórmula química $CaO.MgO.2CO_2$. Este compuesto nos da el óxido de calcio CaO y el óxido de magnesio MgO.

Peso molecular del CaO = 56,1

Peso molecular del MgO 40,3

Peso molecular del $CaO.MgO.2CO_2$ = 184,422

Fracción de CaO = 56,1/184,422 = 0,304

Fracción de MgO = 40,3/184,422 = 0,218

La cantidad necesaria del compuesto para obtener una libra de MgO es 1/0,218 = 4,58 libras.

13.- Cal hidratada, denominada "Finishing Lime", cuya fórmula química es $CaO.MgO.2H_2O$. Este compuesto da los siguientes óxidos: CaO y MgO.

Peso molecular del $CaO.MgO2H_2O$ = 132,432

Fracción del CaO = 56,1/132,432 = 0,432

Fracción del MgO = 40,3/132,432 = 0,304.

La cantidad necesaria del compuesto para producir una libra de CaO y MgO respectivamente es 1/0,423 = 2,363 y 1/0,304 = 3,29 libras.

14.- Litargirio, denominado óxido de plomo amarillo, que tiene la siguiente fórmula química PbO. Este compuesto nos da el óxido de plomo. Se requiere una libra de litargirio para obtener una libra de óxido de plomo.

15.- Plomo rojo, denominado mimio, con fórmula química Pb_3O_4. Este compuesto da el PbO.

Peso molecular del PbO = 223,2

Peso molecular del Pb_3O_4 = 685,7

Fracción de 3PbO = 669,6/685,7 = 0,977. La cantidad necesaria de Pb_3O_4 para producir una libra de PbO es 1/0,977 = 1,024 libras.

16.- Hidróxido de potasio, denominada potasa cáustica, de fórmula química KOH Este compuesto nos da el óxido K_2O.

Calculo la cantidad del óxido presente en el compuesto KOH.

Peso molecular del K_2O = 94,2

Peso molecular de 2 KOH = 112,216

Fracción de K_2O = 94,2/112,216 = 0,838.

Para obtener una libra de K_2O se necesita 1/0,838 = 1,194 libras de KOH.

17.- Arena, denominada arena para vidrio o cuarzo, con fórmula química SiO_2. Dñ el óxido SiO_2 para lo cual se requiere una libra d e arena para obtener una libra de óxido SiO_2.

18.- Sulfato de sodio, denominado Salt cake, cuya fórmula química es Na_2SO_4. Este compuesto nos da el Na_2O.

Peso molecular del Na_2O = 62

Peso molecular $NaSO_4$ = 140,016

Fracción de Na_2O = 62/140,016 = 0,437.

La cantidad Na_2SO_4 necesaria para producir una libra de Na_2O es 1/0,437 = 2,29 libras.

19.- Carbonato de sodio, denominado soda, cuya fórmula química es Na_2CO_3. Este compuesto da el óxido de sodio Na_2O.

Peso molecular del Na_2O = 62

Peso molecular de Na_2CO_3 = 106

Fracción del Na_2O = 62/106 = 0,585.

La cantidad del carbonato de sodio necesario para producir una libra de Na_2O es 1/0,585 = 1,709 libras.

Es necesario aclarar que estos cálculos son realizados en la composición teórica de cada material, suponiéndola químicamente aceptable.

B. CALCULO DE LA MATERIA PRIMA PARA EL VIDRIO A FABRICARSE EN BASE A LA COMPOSICION QUIMICA.

Para un vidrio de ventana para fabricarse por el Proceso Fourcault la composición química es la siguiente:[19]

SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	SO_3
71,25	0,65	9,90	2,40	14,90	0,70

Para obtener Al_2O_3, utilizo feldespato cuya fórmula química es $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$. El feldespato proporciona el óxido de aluminio Al_2O_3 el óxido de sodio Na_2O y el óxido de silicio SiO_2. Estos óxido están en el feldespato en la siguiente proporción:

Fracción de Al_2O_3 = 0,180

Fracción de Na_2O = 0,130

Fracción de SiO_2 = 0,680

Tomando como base de cálculo 100 libras de vidrio se tiene que los porcentajes de cada óxido representan libras.

La cantidad de Al_2O_3 en el vidrio es 0,65 libras. La cantidad de feldespato necesario para obtener esta cantidad de óxido de aluminio es 0,65(1/0,180) = 0,65(5,56) = 3,614 libras de feldespato.

Puesto que el feldespato además nos proporciona el Na_2O y SiO_2; calculo la cantidad de estos óxidos en las 3,614 libras de feldespato.

Para el SiO_2.

3,614(0,680) = 2,4572 libras de Na_2O. En una libra de feldespato existen 0,680 libras de SiO_2.

Para el Na_2O.

3,614(0,130) = 0,46982 libras de Na_2O. Dado que 0,130 libras de Na_2O existe en una libra de feldespato.

2. Para obtener el MgO, utilizo Dolomita cuya fórmula química es CaO.MgO; que da los óxidos CaO y MgO.

Según los cálculos de la seccion A, se tiene:

Oxido	Fracción	Recíproco
CaO	0,582	1,720
MgO	0,418	2,390

La cantidad de CaO.MgO necesaria para obtener 2,4 libras de MgO es:

2,4(2,39) = 5,736 libras de CaO.MgO.

La dolomita CaO.MgO nos proporciona también el óxido de calcio CaO. Por lo tanto la cantidad de CaO presente en las 5,736 libras de CaO.MgO es:

5,736(0,582) = 3,34 libras de CaO.

3. Para obtener el SO_3 utilizo el sulfato de sodio Na_2SO_4. Este compuesto nos da los óxidos Na_2O y SO_3. Se base sección A. que

Oxido	Fracción	Recíproco
Na_2O	0,437	2,29
SO_3	0,563	1,77

La cantidad de Na_2SO_4 requerida para obtener 0,70 libras de SO_3 es:

0,70(1,77) = 1,239 libras de Na_2SO_4

El sulfato de sodio también proporciona Na_2O. Las 1,239 libras de Na_2SO_4 nos da:

1,239(0,437) = 0,5414 librasd e Na_2O.

4. Para obtener el SiO_2 utilizo arena SiO_2. En las 100 libras de vidrio se requieren 71,25 libras de SiO_2. El feldespato nos proporciona 2,4572 libras de SiO_2; por lo tanto, únicamente 71,25-2,4572 = 68,7928 libras de SiO_2 se requiere obtener de la arena.

5. Para obtener el Na_2O se utiliza el carbonato de sodio Na_2CO_3. En las 100 libras de vidrio se requieren 14,90 libras de Na_2O. Puesto que 0,4692 libras de Na_2O fueron obtenidas del feldespato y 0,5414 libras de Na_2O fueron obtenidas del sulfato de sodio; se tiene que estos dos compuestos nos dan en total 1,01 libras de Na_2O, por lo tanto

del Na_2CO_3 sólo se requerirá 14,90 - 1,01 = 13,89 libras de Na_2O

Según la sección A se tiene:

Oxido	Fracción	Recíproco
Na_2O	0,585	1,709

de aquí se calcula

13,89(1,709) = 23,74 libras de Na_2CO_3. Se requieren 23,74 libras de Na_2CO_3 para suministrar el óxido de sodio necesario en el vidrio.

6. Para obtener el óxido de calcio CaO utilizo piedra caliza $CaCO_3$

Según la composición química del vidrio de ventana se requieren 9,90 libras de CaO en las 100 libras de vidrio. El CaO,MgO nos da 3,34 libras de CaO; la cantidad de CaO requerida de la piedra caliza es 9,90 - 3,34 = 6,56 libras. Se sabe:

Oxido	Fracción	Recíproco
CaO	0,56	1,786

La cantidad de piedra caliza necesaria para obtener la 6,56 libras de CaO es:

6,56(1,786) = 11.72 libras de $CaCO_3$

C.CALCULO DE LA MATERIA PRIMA DEL VIDRIO A FABRICAR EN BASE A 1000 LIBRAS DE ARENA.

Para calcular el sulfato de sodio procedo en la siguiente forma:

Para la 68,7928 libras de arena se usan 1,239 libras de Na_2SO_4 para las 1000 lib as de arena se requerirán:

$$\frac{1,239(1000)}{68,7928} = 18 \text{ libras de } Na_2SO_4.$$

Se necesitan 3,614 libras de feldespato en 68,7928 de arena en 1000 libras de arena se requerirá

$$\frac{3,614(1000)}{68,7928} = 52,5 \text{ libras de feldespato.}$$

Se necesitan 5,736 libras de CaO.MgO por 68,7928 libras de arena; para las 1000 libras de arena se necesitará:

$$\frac{5,736(1000)}{68,7928} = 83,4 \text{ libras de CaO.MgO.}$$

11,72 libras de $CaCO_3$ se necesitan por 68,7928 de arena para la 1000 libras de arena se requerirá:

$$\frac{11,72(1000)}{68,7928} = 170,6 \text{ libras de piedra caliza } CaCO_3$$

Se necesitan 23,74 libras de Na_2CO_3 se combinación con la 68,7928 libras de arena; con 1000 libras de arena se requerirá:

$$\frac{23,74(1000)}{68,7928} = 345 \text{ libras de } NaCO_3.$$

Todos los cálculos de la materia prima en base de 1000 libras de arena pueden resumirse en el siguiente cuadro.

OXIDOS EN 100 libras de vidrio.	DEDUCCIONES	CANTIDAD LIBRAS	MATERIAL	CANTIDAD EN 1000 libras de Arena.
SiO_2	71,25 - 2,4572 = 68,7928(1)=68,7928		Arena	1000
Al_2O_3	0,65 (5,56) = 3,614		feldespato	52,5
Na_2O	14,90 - 1,01= 13,89(1,71) = 23,74		Na_2CO_3	345
MgO	2,40 (2,39) = 5,736		CaO.MgO	83,4
CaO	9,90 - 3,34=6,56(1,786) = 11,72		CaO	170,6
SO_3	0,70 (1,77) = 1,239		Na_2SO_4	18

MATERIA PRIMA	libras de materia prima	Fracción	Libras de óxido obtenido
Feldespato	3,624	(0,680) = 2,4572	libras de SiO_2
Feldespato	3,614	(0,130) = 0,4692	libras de Na_2O
MgO.CaO	5,756	(0,582) = 3,34	libras de CaO
Na_2SO_4	1,239	(0,437) = 0,5414	libras de Na_2O

Además de las materias primas antes calculadas se intruduce en la mezcla chatarra de vidrio; el porcentaje aconsejado es alrededor del 30 por ciento del peso total por tonelada de vidrio de ventana a producir. Para tomar en cuenta la evaporación que sufren las materias en el proceso de fusión se da un 10 por ciento más en peso de la materia prima. Según estas consideraciones se indica a continuación la materia prima y chatarra de vidrio para producir una tonelada de vidrio de ventana en la presnte instalación.

MATERIA PRIMA NECESARIA PARA PRODUCIR UNA TONELADA DE VIDRIO

Arena SiO_2	1058,75 libras
Feldespato $Na_2O.Al_2O.6SiO_2$	54,56 libras
Carbonato de sodio Na_2CO_3	365,60 libras
Cal dolomítica CaO.MgO	88,34 libras
Óxido de calcio CaO	180,49 libras
Sulfato de sodio Na_2SO_4	19,08 libras
Chatarra de vidrio	757,93 libras

ANEXO $

ESTADISTICA DE LA IMPORTACION DE VIDRIO PARA VENTANAS

MES DE ENERO DE 1965.

CASA IMPORTADORA	Peso Kg.		Valor FOB	Casa Exportadora Lugar.
Vidriería Bruselas	6120	$	607,52	Vidrio Plano México
Carlos Guevara	4759		1.120,51	Glaverbel de Amberes
Vidriería Belga	14138		2.431,13	Glaverbel de Amberes
Vidriería Belga	34978		3.906,44	Glaverbel de Amberes
Vidriería Bruselas	6804		473,62	O Hilms y CO Alemania
Telmo Orquera	15317		1.128,00	China National Light Dairos
Col. Téc. Salesiano	26268		2.676.45	Deutsche Fernsterglass
SUMAN.....	107385	$	12.343,67	

MES DE FEBRERO DE 1965

Edificio Ecuatoriano	18062	2.646,12	Glaverbel	Amberes
Vidriería Guevara	9591	1.401,08	Glaverbel	Amberes
Aluminio Arquitec.	3311	800,53	Glaverbel	Amberes
Aluminio Arquitec.	2311	809,28	Deutsche Fernsterglass	
B. Maldonado	11487	1.329,53	Glaverbel	Amberes
Fracisco Castro	11783	1.080,00	Glaces de Boudois Amberes	
Vidriería guevara	10180	2.199,69	Laverbel	Amberes
Vidriería Guevara	5497	971,47	Glaverbel	Amberes
Negocios Unidos	1480	409,17	Glaverbel	Amberes
Max Müller Cia.	70875	3.990,15	Voigt y Schroder Hamburgo	
Negocios Unidos	7370	801,48	Glacerie de Franiere Ambero	
Fab. de Alambres	15000	1083,24	Voigt y Schroder Hamburgo	
Hrds. J Puig Verda.	1710	464,98	Deutsche Fensterglass Brem.	
Comercial Intaco	4420	476,30	Deutsche Fensterglass Brem.	
Siderurgica Ecuatoriana	2235	393,46	Deutsche Fensterglass Brem.	

MES DE FEBRERO DE 1.965

CASA IMPORTADORA	PESO KG.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR.
Hrds.Puig Verda.	6011	729,99	Deutsche Fensterglass	Bremen.
Sumn.....	255371	19.566,47		

MES DE MARZO DE 1.965

Vidriería Alemana	2403	360,21	Glaverbel S.A.	Amberes
Comercial Armas	9060	385,72	Glassexport.	Hamburgo
Hrdos.J.Puig Ver.	2428	610,70	Glaverbel	Amberes
Negocios Unidos	3250	560,00	ST.Gobain Div	Amberes
Negocios Unidos	7424	837,30	St.Gobain Div	Amberes
Comercial Intaco	4320	520,00	Glas Und Spigel	Bremen
Aluminio Manufacto	15470	2.112,43	Las Und Spiegel	Bremen
Klein Hermanos	1741	477,25	Deutsche Frenst	Amberes
Alu.Material Cons	4853	534,67	Glaverbel S.A.	Amberes.
Suman.....	50929	6398,28		

MES DE ABRIL DE 1.965

Mena Atlas	1060	202,76	S.A. Verrerías	Amberes
Lizardo Jarami.	10105	945,78	Vidrios Planos	México
Negocios Unidos	4969	1.193,95	Glacerie de Fran	Amberes
Vidriería Cueva.	6705	1.384,69	Glaverbal S.A.	Amberes
Vidriería Cueva.	9360	1.016,61	Glaverbal S.A.	Amberes
Vidriería Mundial	7655	745,25	Glaverbal	Amberes
Vidriería Alema.	4980	248,67	Glassexport	Hamburgo
Negocios Unidos	3855	762,24	Saint Gobain	Amberes
Misión Fai	4620	847,39	Saint Gobain	Amberes
Telmo Orquera	3364	459,16	Glaverbel S.A.	Amberes
Jaime Ramírez	7440	576,79	Vidrio Plano	México
Vidriería Esme.	6448	501,20	Vidrio Plano	México
Comercial Inaco	4340	479,11	Deutsche Frens	Bremen

MES DE ABRIL

CASA IMPORTADORA	PESO KG	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Aluminio Manufac.	92212	1.730,90	Deutsche Frenster	Bremen
Vidriería Anhalser.	5290	1.847,14	Deutsche Frenster	Bremen
Aluminio Arquitec.	5486	741,76	Deutsche Frenster	Bremen
Fca Esp.El Iris	11755	1.516,82	Glaverbel	Amberes
Hrds.J.Puig V	2035	384,75	Deutsche Frenster	Amberes
Marcelo Jaramillo	19800	1.494,00	Cristalería Peldar	Bogotá
Negocios Unidos.	30500	3.873,40	Cristalería Peldar	Bogotá
Negocios Unidos	22050	2.810,30	Cristalería Peldar	Bogotá
Suman.....	181029	23.762,67		

MES DE MAYO DE 1965

Luis E. Silva G.	6475	1.516,13	Glaverbel S.A.	Amberes
Comercial Intaco	4420	476,33	Deutsche Fenster.	Bremen
Aluminio Arquit.	2240	759,58	" "	Bremen
Hrds.J.Puig Verda.	1905	353,16	" "	"
Miguel Ajoy	10343	1.175,83	Glaverbel	Amberes
Ramón Vega	9900	717,00	Vidriería Peldar	Bogotá
Vidriería Quito	19890	1.932,80	" "	"
Negocios Unidos	10050	942,10	" "	"
Luis Romero	9800	1.208,40	" "	"
Vidriería Quito	9900	742,00	" "	"
Efraín Arellano	10000	907,50	" "	"
Marcelo Jaramillo	20000	1.702,70	" "	"
Vidriería Quito	9800	1.495,10	" "	"
Vidriería Crespo	10050	991,10	" "	"
Galo Salvador	9950	989,90	" "	"
Luis Romero	9900	742,00	" "	"
Negocios Unidos	10000	932,00	" "	"
Vidriería Anhal.	9900	813,00	" "	"

MES DE MAYO DE 1965

CASA IMPORTADORA	PESO KG.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Importadora Armas	19980	1.968,40	Vidriería Peldar	Bogotá
Negocios Unidos	9960	917,30	" "	"
Comercial Kyvi	19990	1.990,00	" "	"
M/V.	262752	30.807,86	" "	"
Suman.....	477345	54.080,19		

MES DE JUNIO DE 1.965

Vidriería Mundial	2035	753,68	Arnold Otto Meyer	Hamburgo
Aluminio Arquitec.	3986	566,05	Deutsche Fenterglas	Bremen
Negocios Unidos	13997	5.007,87	Saint Gobain	Amberes
Aluminio Arquitec.	16353	4.728,24	Deutsche Fenster	Amberes
Hospital del S.S.	4451	1.017,88	Vidriería Italia.	Liorna
Hospital del S.S.	35094	6.726,13	Vidriería Italia.	Liorna
Vidriería Artísti.	825	854.00	Saint Gobain.	Marsella
Negocios Unidos	3392	784,15	Saint Gobain	Amberes
Vidriería Anhalser	3660	167,08	Glassexport	Hamburgo
Jaime Ramírez	17050	779,14	Glassexport	Hamburgo
Dist.Na.Interna	63665	2.920,93	C Tins y Co	Hamburgo
Antonio Pina I	2487	356,05	Glaverbel	Amberes
Suman.....	166976	$ 24.600,60		

MES DE JULIO DE 1.965

Teófilo López	12155	460,20	Glassexport.	Hamburgo
Max Muller	66330	2.952,24	C.Wilms	Polonia
Soc.Anon.	2302	773,13	Deutsche Fonster.	Amberes
Benigno Armas	3337	422,71	" "	Bremen
Negocios Unidos	9516	2.291,19	Glacerie de Fra.	Amberes
Represent.Agen.Ti.	1549	533,63	Deutsche Fonster.	Bremen
Vidriería Anhan.	7361	770,62	" "	"

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB.	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Country Club	2692	$ 997,09	Glaceria de Franiero	Amberes
Vidriería Guevara	6300	359,18	O'Willms	Hamburgo
Art. de Acero	2465	649,70	Verreries des Hamendes	Hamburgo
Negocios Unidos	10000	932,00	Cristelería Peldar	Bogotá
Luis G. Romero S.	9800	1.291,00	"	"
Negocios Unidos	10000	1.822,60	"	"
Negocios UNidos	19950	2.688,70	"	"
Vidriería Crespo	20060	1.728,30	"	"
Negocios undios	9960	917,30	"	"
Marcelo Jaramillo	19900	1.782,00	"	"
Vidriería Quito	19910	1.566,50	"	"
Imp. Com. Armas	19900	2.049,00	"	"
Negocios Unidos	20000	2.864,00	"	"
Luis Jaramillo	10000	1.163,00	"	"
Luis Romero S.	9900	799,50	"	"
Imp. Com. Armas	19900	2.963,20	"	"
Vidriería Anhalzer	10000	1.668,80	"	"
Marina de Gutierrez	9970	1.024,10	"	"
SUMAN.....	333277	35.469,69		
	MES DE AGOSTO			
Quito Motors Sa.	550	2.276,63	Gebruder Boss	Bremen
Técnica Industrial	1242	411,72	Glaverbel	Amberes
Antonio Pino Ycaza	883	250,92	Deutsche Fensterglass	Amberes
Vidriería Guevara	7387	1.136,70	Glaverbel	Amberes
Negocios Unidos	1380	176,76	Glaverbel	Amberes
Aluminio Arquitec.	1100	422,53	Deutsche Fensterglass	Amberes
B Maldonado	9228	1.037,51	Glaverbel	Amberes
B. Maldonado	469	52,80	Glaverbel	Amberes
Viteri Ceballos	3640	583,24	Deutsche Fensterglass	Bremen

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Vidriería Belga	9950	$ 891,50	Cristalería Peldar	Bogotá
Import. Armas	19910	1.720,50	" "	"
Negocios Unidos	10000	932,00	" "	"
Vidriería Alem.	9900	752,00	" "	"
Negocios Unidos	10050	942,10	" "	"
Vidriería Anhal.	9900	914,60	" "	"
Vidriería Alem.	9900	702,00	" "	"
Vidriería Anhal.	9900	1.117,60	" "	"
" "	9900	1.222,90	" "	"
" "	9900	1.656.00	" "	"
" "	19950	1.926,10	" "	"
Negocios Unidos	9960	917,30	" "	"
Galo Salvador	19800	1.584,00	" "	"
Galo Salvador	9900	752,00	" "	"
Luis G.Romero	9800	1.362,40	" "	"
" "	9900	774,00	" "	"
Importadora Armas	19950	2.371,90	" "	"
Comercial Kywi	19950	1.924,00	Cristalería Peldar	Bogotá
Vidriería Crespo	9900	94(,10	" "	"
Marcelo Jaramillo	20088	1.767,20	" "	"
Luis Jaramillo	9900	779,00	" "	"
SUMAN.....	294287	41.158,92		
	MES DE SEPTIEMBRE			
Hrds. J. Puig Ver.	3240	429,75	Glaverbel	Amberes
Vidriería Velga	33369	5.140,67	"	"
Vidriería Alemana	3349	403.96	Deutsche Fensterglass	Bremen
Vidriería Mundial	4048	405,79	" "	"
Fca. Espejos El Iris	12552	1.206,51	Glaverbel	Amberes

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB.	CASA EXPORTADORA	LUGAR
PEDRO VILLACIS	15639	$ 1.505,07	Glaverbel	Amberes
Vidriería Crespo	14713	1.414,51	Deutsche Fenster.	Bremen
Vidriería Mundial	3342	379,58	Glaverbel	Amberes
Aluminio Arquitec.	1110	314,81	Deutsche Fensterglass	Amberes
Univ. Católica Guay.	13673	2.742,42	"	"
SUMAN.....	105035	13.942,87		

MES DE OCTUBRE

Ministerio Aviación	395	204,22	Glaverbel	Amberes
César Orquera	19215	1.009,19	Splintex Belge	Amberes
Luis G. Romero	7872	1.232,41	Deutsche Fensterglass	Bremen
Vidr. Esmeraldita	21350	1.160,69	O. Fillms	Hamburgo
Telmo E. Orquera	3649	547,69	Deutsche Fensterglass	Bremen
Romero Cia.	5604	1.307,77	" "	"
Vidriería Alemana	2296	427,80	" "	"
Vidriería Crespo	16138	3.228,36	" "	Amsterdar
Vidriería Artística	1920	387,32	Kurt Zoellner	Hamburgo
Vidriería Mundial	5911	531,64	Glaverbel	Amberes
Vidriería Cevara	18700	1.328,33	O. illms	Hamburgo
Luis G. Romero	772	204,42	Deutsche Fensterglass	Bremen
Negocios Unidos	5805	1.378,11	Gait Gobain	Amberes
Escuela Politécnica	11496	1.844,55	Glaverbel	Amberes
Belisario Maldonado	10745	1.207,87	Glaverbel	Amberes
Vidriería Mundial	7791	1.662,74	Glases de Bouss	Amberes
Marcelo Jaramillo	9850	879,70	Cristalería Peldar	Bogotá
Negocios Unidos	10050	942,10	" "	"
Ramón Vergara	10000	1.107,40	" "	"
Ben. Econ. Vivienda	21800	3.207,60	" "	"
Vidriería Quito	9910	1.415,65	" "	"
Luis Jaramillo	9960	984,50	" "	"

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB.	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Negocios Unidos	10000	$ 932,00	Cristalería Peldar	Bogotá
Aluminio Arquitec.	9960	911,80	"	"
Marcelo Jaramillo	9900	712,00	"	"
SUMAN.....	241704	28.715,86		
	MES DE NOVIEMBRE			
C. Vitral	3080	436,32	Glass Und Spiegelma	Hamburgo
Hrds. J. Puig V.	4100	557,36	Glass Und Spieglma	Hamburgo
Aluminio Arquitec.	1884	51218	Deutsche Fensterglass	Bremen
Vidriería Alemana	1913	460,35	Deutsche Fensterglass	Bremen
Zapata Hermanos	15700	1.018,08	Veigt Scherede	Hamburgo
Hrds. J. Puig V.	3090	595,34	Glaverbel	Amberes
Aluminio Arquitec.	945	253116	Deutsche Fensterglass	Amberes
Vidriería Quito	9900	1.032,50	Cristalería Peldar	Bogotá
Vidriería Crespo	9850	1.484,00	"	"
Almacén El Mundo	9950	1.126,75	"	"
Amador Dávila	9900	1.053,40	"	"
Vidriería Alemana	9900	1.053,50	"	"
S. Ramón Vega	9900	727,00	"	"
Luis Romero S.	19800	1526,00	"	"
Imp. Com. Armas	9900	1.021,50	"	"
Imp. Com Armas	19950	2.823,50	"	"
Imp. Com. Armas	19910	1.720,50	"	"
SUMAN.....	159672	17.409,42		
	MES DE DICIEMBRE			
Comercial Intaco	4200	470,42	Glas Und Spiegel	Hamburgo
Universidad Central	14405	2.701,67	Deutsche Fensterglass	Bremen
Enrique Silva	1610	258,12	Glaverbel	Amberes
Vidriería Mundial	2750	1.065,57	Arn.l Otto Mayer	Hamburgo

CASA IMPORTADORA	PESO KG	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Carlos Guevara L.	7588	1.970,95	Glaverbel	Amberes
Comercial Intaco.	5950	853,45	Glas Und.Epieg	Bremen
Enrique Silva C.	8965	2.148,11	Glaverbel.	Amberes
Vidriería Belga.	5481	1.769,91	Deutsche Fenster.	Amberes
Vidriería Quito	10100	795,00	Cristalería Feldar	Bogotá
Luis jaramillo	10300	1.392,60	"	"
Guillermo Romero	10300	1.270,60	"	"
Imp. Com. Armas	10300	752,00	"	"
Imp. Com. Armas	10300	792,00	"	"
Marcelo Jaramillo	10300	702,00	"	"
Negocios Unidos	10130	954,30	"	"
Marcelo Jaramillo	10100	712,00	"	"
Vidriería Quito	10100	786,00	"	"
Negocios Unidos	10200	1.570,30	"	"
Negocios Unidos	9960	954,30	"	"
Negocios Unidos	19970	2.527,60	"	"
Negocios Unidos	9900	816,00	"	"
Negocios Unidos	10000	932,00	"	"
José M. Cárdenas	9900	717,00	"	"
Imp. Com. Armas	9900	951,50	"	"
Vidriería Quito	9900	834,70	"	"
Vidriería Quito	9900	702,00	"	"
José M. Cárdenas	10000	1.197,00	"	"
Gal. Salvador	9900	702,00	"	"
Comercial Kywi	9850	1.507,00	"	"
Comercial Kywi	9900	1.021,50	"	"
Soc. Agri. Cabezas	9910	1.170,55	"	"
Imp. Com. Armas	9900	1.120,50	"	"
Marcelo Jaramillo	9900	996,40	"	"

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB.	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Vodrocsía Anhalzer	9500	$ 1.015,50	Cristalería Peldar	Bogotá
SUMAN.....	326009	37.650,55		

TOTAL DEL Año 1965 2.699.019 Kilos $ 315.099,19

ESTADISTICA DE LA IMPORTACION DEL VIDRIO

ENERO DE 1966

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB.	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Vidriería Belga	5951 $	590,00	Deutsche Fensterglass	Bremen
Soc. Prev. Consumos	235000	1.682,00	Veigt Schreder	Hamburgo
Max Müller	54445	3.295,52	" "	"
Dist. Nacional	20250	1.242,45	" "	"
Aluminio Arquitec.	7600	505,55	O. ilms	Hamburgo
Francisco Castro	7288	870,00	Glaces de Dusens	Amberes
Vidriería Quito	1360	254,99	Glaverbel	Amberes
Ecuat. De Artefactos	2332	249.65	"	"
Comercial Intaco	3157	462,75	Deutsche Fensterglass	Amberes
C. Vitral Ltada.	5640	1.642,45	Glacerie de Franiere	Amberes
Ney Benigno Armas	3451	428,16	Deutsche Fensterglass	Bremen
Aluminio Arquitec.	1610	572,63	" "	Amberes
Vidriería Guevara	9947	2.221,38	Glaverbel	Amberes
Vidriería Belga	3400	542,67	Glas Spiegel	Hamburgo
Vidriería Guevara	19434	959,56	O. Wilms	Hamburgo
Vidriería Anhalzer	10080	885,56	Cristalería Peldar	Bogotá
Vidriería Anhalzer	9750	1.037,00	" "	"
Imp. Com. Armas	10090	905,00	" "	"
Imp. Com. Armas	10080	792,00	" "	"
Editorial Omega	10000	1.202,10	" "	"
Marcelo Jaramillo	9900	722,00	" "	"
Comercial Kywi	9900	774,00	" "	"
Imp. Com. Armas	9900	717,00	" "	"
Vidriería Quito	9900	712,00	" "	"
Luis Romero S	19800	1.484,00	" "	"
Vidriería Quito	10.000	876,00	" "	"

Casa IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB.	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Vidriería Quito	9900	$ 1.049,50	Cristalería Peldar	Bogotá
Emanuel Córdova	9950	786,00	" "	"
Imp. Com. Armas	9750	1.053,00	" "	"
SUMAN.....	331227	$ 29.444,90		
	MES DE FEBRERO DE 1966.			
Editorial Omega	5920	835,76	Deutsche Fensterglass	Bremen
Vidriería Anhalzer	6986	1.251,83	" "	"
Dinamica	30310	2.061,03	" "	"
Rep. Industriales	1550	289,25	" "	"
Romano Cia.	10200	678,08	P. A. F. Bucker	Hamburgo
Editorial Omega	2375	927,66	Deutsche Fensterglass	Amberes
Aluminio Arquitec.	4125	1.099,40	" "	"
Vidriería Anhalzer	8527	1.655,69	" "	"
Comercial Intaco	3000	185,25	O. ilms	Hamburgo
Univer. Católica	5874	988,36	Deutsche Fensterglass	Bremen
Rep. Industriales	1780	843,43	" "	"
José Cárdenas	9970	852,60	Cristalería Pelfar	Bogotá
Marcelo Jaramillo	9900	733,00	" "	"
Negocios Unidos	9890	892,60	" "	"
Galo Salvador	9900	702,00	" "	"
Galo Salvador	9900	792,00	" "	"
Negocios Unidos	9910	991,90	" "	"
Vidriería Anhalzer	15400	2.163,20	" "	"
Vidriería Alemana	19800	1.393,20	" "	"
José M. Cárdenas	19820	1.552,50	" "	"
Ramón Vaca	9900	717,00	" "	"
Marcelo Jaramillo	9950	1.057,60	" "	"
Anc. Ecuat. Vivienda	14300	1.145,50	" "	"

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB.	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Vidriería Crespo	9980	$ 893,40	Cristalería Peldar	Bogotá
Efraín Arellano	9900	750,50	"	"
José Cárdenas	9900	722,00	"	"
Bco Ecuat. Vivienda	35500	4.266,50	"	"
SUMAN.....	294.567	30.459,24		

MES DE MARZO DE 1966

Vidriería Guevara	7405	925,44	Glaverbel	Amberes
Univer. Central	9052	1.636,31	Deutsche Fensterglass	Bremen
Vidriería Crespo	14582	2.226,75	"	"
Fco. Castro	9864	1.130,00	Glass e de Beuceje	Amberes
Bco. Central	4897	1.388,50	Vidriería Milanesa	Génova
Vidriería Belga	5680	899,07	O. Wilms	Hamburgo
Telmo E Orquera	5310	507,22	Dutsche Fensterglaas	Bremen
Vidriería Mundial	6904	698,92	"	"
Bac. Central	31700	8.818,05	Glacerie de Franiere	Amberes
Bac. Central	860	210,11	Saint Gobain	Amberes
Antonio P. Icaza	3733	514,14	Glaverbel	Amberes
C. Vitral	14380	1.760,87	Und Spiegel	Hamburgo
Aluminio Arquitec.	4480	1.398,10	Deutsche Fensterglass	Amberes
Comercial Intaco	4560	484,08	"	Bremen
Comercial Kywi	19830	1,544,40	Cristalería Peldar	Bogotá
Guillermo Romero	9910	886,30	"	"
Negocios Unidos	9890	892,60	"	"
Vidriería Anhalzer	9900	1.039,70	"	"
Marcelo Jaramillo	21000	2.786,70	"	"
SUMAN.....	193037	29.212,26		

MES DE ABRIL DE 1.966

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Vidriería Belga	2300	166,08	O. Wilms.	Hamburgo
Importadora Armas.	2795	1.026,56	Deutsche Fenster.	Amberes
Distrib.de autos.	35	15,63	Ford Motor Co.	New York.
Vidriería Belga	24160	3.285,00	Glaverbel.S.A.	Amberes
N.UGA-Quito	4940	1.464,70	Glacerie de Fran.	Amberes
Vidriería Mundial.	4026	362,69	Glaces de Bauseis	Amberes
Anglo Mauchi. A.	11200	618,10	C. Wilms.	Hamburgo.
Vidriería Belga	17865	2.967,60	Glaverbel S.A.	Hamburgo
Pedro Villacis	15553	1.327,64	" "	"
Vidriería Alem.	2655	466,21	" "	"
César A. Orquera	10400	668,41	Voigt Schreder.	Hamburgo
Telmo E. Orquera	5175	806,92	Glacerie Freniere.	Amberes
N.U.C.A.-Quito	10305	3.748,49	Glacerie Freniere.	Amberes.
L.Guillermo Rome.	9900	717,00	Cristaleria Peldar.	Amberes
" "	9900	809,00	" "	"
" "	9820	877,10	" "	"
Vidriería Anhal.	9900	737,00	" "	"
Vidriería Anhal.	9900	836,50	" "	"
Negocios Unidos.	19706	2.459,40	" "	"
Negocios Unidos	9470	855,00	" "	"
Luis Jaramillo	9940	867,70	" "	"
Luis Jaramillo	9900	722,00	" "	"
Import.Com.Armas	99000	742,00	" "	"
José M.Cárdenas.	10010	1.060,60	" "	"
Vidriería Ecuado.	9900	774,00	" "	"
SUMAN.....	239649	28.381,33		

MES DE MAYO DE 1.966

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Vidriería Mundial	4253	453,94	Glaces de Buasoic	Amberes
Bco.C.Ecuador	14885	6.411,00	Glacerie de Franie.	Amberes
Francisco Castro	13632	925,60	Voigt Schreder.	Hamburgo
Vidriería Anhalser	4835	1.777,01	Deutsche Fenster.	Amberes
Cia.General Cons.	2496	947,02	" "	"
Alvarez Barba	8179	2.265,95	" "	"
Aluminio Arquitec.	9900	1.463,20	Cristalería Peldar.	Bogotá
N.U.C.A.	9750	1.483,50	" "	"
Imp.Co.Armas	20000	3.001,90	" "	"
Imp.Co Armas	9850	1.240,60	" "	"
Imp.Co Armas	9900	702,00	" "	"
Imp.Co.Armas	9900	927,30	" "	"
Vidriería Quito	99000	786,00	" "	"
Vidriería Quito	10000	977,00	" "	"
Vidriería Anhal.	9900	1.056,00	" "	"
Bco.Ecua.Vivienda	9900	833,00	" "	"
SUMAN.....	148280	25.251,0		

MES DE JUNIO DE 1.966

Vidriería Gueva.	6930	413,97	Films Co.	Hamburgo
Ecuat. de Art.	2445	257,74	Glaberbel	Amberes
Zapata Hnos.	12939	856,02	Voigt Schereder	Hamburgo
E. Jaramillo	2575	1.049,38	Deutche Fens.	Bremen
SUMAN.....	24809	2.577,11		

MES DE JULIO DE 1.966

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Emp.Industriales	4068	447,06	Deutsche Fenster.	Bremen
Witte Co. Ltda	132	14,68	" "	"
Witte Co. Ltda	120	18,38	" "	"
PORFIRIO Crespo	35895	2.195,00	" "	"
Zapata Hnos Cia.	9700	579,50	Veigt Schreder	Hamburgo
Aluminio Manufac.	1451	437,60	Deutsche Fenst rglass	Amberes
S. A. Cabezas	10300	914,00	Cristalería Peldar	Bogotá
Negocios Unidos	9710	1.083,50	" "	"
Negocios Unidos	49830	4.766,50	" "	"
Marcelo Jaramillo	9600	1.025,70	" "	"
Suman	148856	11.481,92		

MES DE AGOSTO DE 1966

Vidriería Belga	4360	930,06	Glaverbel	Amberes
Vidriería Guevara	16180	2.696,76	"	"
Fca. Iris	6275	549,71	"	"
Emp. Turismo Ecua.	2295	802,72	"	"
Rep. Ind. Cia Ltda.	2060	378,82	Deutsche Fensterglass	Bremen
Rep. Ind. Cia Ltda.	3768	473,60	" "	Amberes
Aluminio Arquitec.	47771	1.236,09	" "	"
Aluminio Arquitec.	2796	913,33	" "	"
Vitral Ltdda	5500	673,04	Kurt Zoellner	Hamburgo
Aluminio Arquitec.	5078	413,68	Deutsche Fensterglass	Bremen
Vidriería Belga	9910	957,60	Cristalería Peldar	Bogotá
Vidriería Alemana	29700	2.151,00	" "	"
Luis Salas	9940	1.012,70	" "	"
Luis Salas	9930	953,40	" "	"
Vidriería Anhalzer	29700	2.395,00	" "	"

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB.	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Aluminio Arquite.	10000	$ 870,40	Cristalería Peldar	Bogotá
Emanuel Córdoba	9464	854,70	"	"
Vidriería Quito	29550	5.434.40	"	"
Marcelo Jaramillo	9860	835,80	"	"
Lida Jaramillo	10000	1.034,00	"	"
Casa Ajey Hnos.	9822	622.82	"	"
SUMAN.....	221956	26.189,66		

MES DE SEPTIEMBRE DEL 1966.

Vidriería Guevara	8935	1.479,67	Glaberbel	Amberes
César Orquera	8296	889,47	Deutsche Fensterglass	Amberes
Rep. End. Via Ltda	4408	919,59	"	"
Vidriería Anhalzer	13529	3.187,40	"	"
César Orquera	7006	995,71	"	"
Negocios Unidos	7870	2.297,61	Glacerie de Franiere	Amberes
Rep. Industriales	2015	525,87	Deutsche Fensterglass	Amberes
Vidriería Mundial	4427	527,29	"	"
Vidriería Atística	925	950,90	Saint Gobain	Marsella
Siderúrgica Ecuat.	2236	463,17	Deutsche Fensterglass	Amberes
Almacén el Mundo	10040	834,70	Cristalería Peldar	Bogotá
Imp. Armas.	59300	5.855,80	"	"
Vidriería Crespo	30000	2.765,00	"	"
Almacén Almaca	20150	2.745,60	"	"
Marcelo Jaramillo	10030	1.066,40	"	"
Vidriería Anhalzer	28980	2.815,70	"	"
José Cárdenas	30020	3.283,60	"	"
Ramón Vega	10000	856,50	"	"
Efraín Arellano	19650	1.940,50	"	"
Comercial Kywi	29500	2.766,00	"	"
Negocios Unidos	19440	2.250,80	"	"
SUMAN.....	329751	41.137,18		

MES DE OCTUBRE DE 1.966

CASA IMPORTADORA	PESO Kg	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Hotel Colón Inter.	27225	6.149,95	Gobain División	Amberes
Ecuator. de Artef.	4151	438,63	Glaverbel S.A.	Amberes
Carlos E.Guevara	10745	2.460,01	" "	"
Vidriería Esmeralda	9013	792,84	Glaces de Bousois.	Amberes
Negocios Unidos	1915	812,85	Glacerie de Franie.	Amberes
César Orquera	7071	679,52	Deutsche Fenster.	Amberes
Romao Cía	5908	548,47	" "	"
Vitral Ltd.	2140	584,55	Cie.Saint Gobain.	Amberes
Carlos E.Guevara	2660	881,40	Unión Cmm.Des Gla.	Amberes
Aluminio Arquitec.	7132	2.237,77	Deutsche Fenster.	Amberes
Moteles Colo.	46519	8.841,71	" "	Amsterdan
Vidriería Guevara	2060	458,12	Glaverbel S.A.	"
Importadora Armas	4800	618,19	Deursche Fenster	Bremen
Cía.Gual.Constru.	1960	729,21	" "	Amberes
Guillermo R Salas	9960	1.144,80	Cristalería Peldar.	Bogotá
Guillermo R Salas	9930	882,90	" "	"
Guillermo R Salas	9930	998,40	" "	"
Guillermo R Salas	9910	868,30	" "	"
Vidriería Anhalaer	9900	1.079,70	" "	"
Vidriería Anhalaer	9900	732,00	" "	"
Vidriería Ecuador	10040	903,20	" "	"
Negocios Unidos	9900	841,30	" "	"
Negocios Unidos	9930	889,60	" "	"
Luis Sánchez	9900	732,00	" "	"
Vidriería Alemana	9900	843,00	" "	"
Vidriería Alemana	9900	720,00	" "	"
Marcelo Jaramillo	9880	936,50	" "	"
Imp. Armas	19700	1.627,00	" "	"

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
José Cárdenas	10030	859,20	Cristalería Peldar	Bogotá
Ramón Vega	9900	732,00	" "	"
Bco.Ecue.Vivienda	6600	747,90	" "	"
Negocios Unidos	13200	1.118,50	" "	"
Vidriería Molina	10050	883,00	" "	"
Vidriería Quito	19940	2.217,20	" "	"
Vidriería Quito	19800	1.523,00	" "	"
Casa Española	9950	767,00	" "	"
Lida Jaramillo	10000	1.021,00	" "	"
Luis Romero	9960	1.186,50	" "	"
Vidriería Anhalzer	19800	1.619,00	" "	"
SUMAN.....	421233	5.106,32		

MES DE NOVIEMBRE DE 1.966

Vidriería Belga	8890	2.533,61	Deutsche Fenster.	Amberes
Francisco Castro	14816	1.480,16	Boussois Souchen	Amberes
Dist.Internacio.	66410	3.377,64	Wilms Co	Hamburgo
Vidriería Anhalzer	3530	636,48	Schuite Dunenman	Bremen
Otro.Abt.Armada	4520	195,21	Wilms Co	Hamburgo
Rep.Ind.Cia Ltda	3000	351,50	Glas Und Spiegel	Hamburgo
Aluminio Manufact	4679	1.578,41	Deutscge Fenster	Amberes
Vidriería Crespo	14100	1.754,30	" "	"
Comercial Kyvi	4040	173,44	Amedes Derreri	Amberes
Fco Castro	8330	542,65	Voigt Schneder	Hamburgo
Marcelo Jaramillo	5060	843,73	Glaverbel	Amberes
Vidriería Belga	5940	843,91	Wilms Co	Hamburgo
Aluminio Manufact	1175	390,59	Deutsche Fenster	Amberes
Representación Ind.	8550	4.091,40	" "	"
SUMAN.....	148820	18770,03		

MES DE DICIEMBRE DE 1.966

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Vidriería Guevara	8765	1.725,64	Glaverbel S.A.	Amberes
Art. De Acero	2745	794,00	Splinter	Amberes
C.Vitral Ltda	2880	626,00	Deutsche Fenster.	Amberes
L.Enrique Silva	3150	855,63	" "	"
Aluminio Arquit.	1550	521,59	" "	"
Cereales Ecuat.	12600	329,60	" "	Hamburgo
C.Citral Ltda.	1250	482,34	" "	Bremen
Zapata Hnos.	41940	1.404,15	" "	Hamburgo
Minis.Pre Social	14544	1.860,85	Deutsche Fenster.	Amberes
Aluminio Arquitec.	4388	1.645,56	Deutsche Fenster.	Amberes
Vidriería Belga	24409	2.401,87	Films	Cydnia
Vidriería Guevara	3650	313,30	Films	Cydnia
Aluminio Manufac.	7350	843,60	"	"
Aluminio Arquiet.	7700	650,40	"	"
Negocios Unidos	3900	1.084,52	Glacerie de Franiere.	Amberes
SUMAN?????.....	140821	15.039,05		
TOTAL DEL AÑO 1.966..	2.549.532	310.050,82		

ESTADISTICA DE LA IMPORTACION DEL VIDRIO

MES DE ENERO DEL AÑO 1.967

CASA IMPORTADORA	PESOKg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
VIDRIERIA Guevara	16045	1.17o,57	Glaverbel S.A.	Amberes
Vidriería Alemana	3594	334,11	Glaverbel S.A.	Amberes
Carlos Guevara	3760	883,77	" "	"
Aluminio Manufact.	2730	1.066,42	Deutsche Fenster.	Amberes
Adolfo Marriet	150	80,00	Ernst Ahlers	Hamburgo
Rep.Industriales	1989	194,05	Deutsche Fenster.	Bremen
Rep.Industriales	2800	680,00	" "	"
César Orquera	21600	1. 086,60	O. Wilms Co.	Gdynis
Vidriería Belga	9570	571,62	" "	"
Negocios Unidos	4675	1.328,53	Glacerie Freniere.	Amberes
Negocios Unidos	1930	451,26	Saint Gobain	Amberes
Rep.Ind.Rinda.	2313	258,20	Deursche Fenster.	Amberes
Aluminio Arquitec.	1750	402,38	" "	"
Imp. Armas	1950	437,49	" "	"
Imp. Armas	4273	1.533,81	" "	"
Aluminio Arquitc	1512	389,09	" "	"
Casa Com. Ale.hijos	15867	1.459,40	Glaverbel S.A.	Amberes
SUMAN.....	96518	12.427,29		

Mes DE FEBRERO DE 1967

Vidriería Guevara	8675	886,39	Deutsche Fensterglass	Amberes
Rep. Ind. Co. Ltda.	3850	456,42	Glaverbel	Amberes
C. Ecuatorianos	20790	322,56	Voigt Schreder	Hamburgo
Max Müller	52830	2.850,11	O. Wilms	Gydnia
César Orquera	5188	607,47	Deutsche Fensterglass	Amberes
Vidriería Artística	1230	219.19	Vereinigte Glas	Hamburgo
Negocios Unidos	7865	1.001,22	Herfurth S. A.	Amberes
Lida Jaramillo	9910	881,50	Cristalería Peldar	Bogotá

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB.	CASA EXPORTADORA		LUGAR
Marcelo Jaramillo	19950	$ 1.938,00	Cristalería Peldar		Bogotá
Negocios Unidos	19800	3.311,80	"	"	"
Alumar S. A.	10000	2.022,00	"	"	"
Vidriería Belga	19260	956,40	"	"	"
Galo Guerrero	9900	720,00	"	"	"
Emmanuel Córdoba	10000	902,70	"	"	"
Soc. Agri. Cabezas	9950	766,00	"	"	"
Efraín Arellano	9970	834,50	"	"	"
Casa Española	9900	837,00	"	"	"
Vidriería Belga	19910	1.958,90	"	"	"
Imp. Armas	49240	4.535,00	"	"	"
Luis Salas	29790	2.887,00	"	"	"
José Cárdenas	9950	783,90	"	"	"
Imp. Com. Armas	39700	3.962,00	"	"	"
Luis Romero	9820	895,50	"	"	"
Ramón Vega	29700	2.656,20	"	"	"
Vidriería Quito	19800	1.575,00	"	"	"
Vidriería Anhelzer	19800	1.843,50	"	"	"
Vidriería Crespo	19850	2.015,40	"	"	"
JoséCárdenas	10000	1.007,00	"	"	"
Marcelo Jaramillo	10000	1.069,00	"	"	"
Vidriería Alemana	19800	1.580,00	"	"	"
Lida Jaramillo	9960	949,50	"	"	"
SUMAN.....	505838	$ 46.731,16			
	MES DE MARZO DE 1967				
Imp. Cpm. Armas	6.785	$ 351,21	Glassexport		Hamburgo
Vidriería Quito	10250	1.426,02	Vereinigte Glas		Bremen
Vidriería Mundial	16702	2.047,88	Deutsche Fensterglass		Bremen

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Escuela Politéc.	4600	747,83	Glaverbel	Amberes
Casa Com. Ajoy	16145	900,95	Veigt acchreder	Hamburgo
Vitral Cía. Ltda.	2015	415,45	Saint Gobain	Amberes
Ramón Vega	6111	514,26	Glaverbel	Amberes
Fco Castro	6772	660,00	Boussois	Amberes
SUMAN.....	69380	7.063,60		
	MES DE ABRIL DE 1.967			
Aluminio Manufac	2130	725,87	Deutsche Fenster.	Amberes
B.Maldonado	2656	240,40	Glaverbel	Amberes
Negocios Unidos	21	S.V.C.	Herjurt	Amberes
Dis.Nac.Internacio.	66410	3.377.54	O Films Co	Hamburgo
Vidriería Crespo	6548	1.324,22	Deutsche Fenster.	Bremen
Alhalzer C.A.	4465	1.375,10	" "	Amberes
Aluminio Manufact.	1395	493,57	" "	"
Vidriería Anhalzer	5425	889,44	" "	"
Francisco Castro	16950	1.192,48	Veigt Schreder	Hamburgo
Nuca Vitral	1690	830,20	Glacerie de Franie.	Amberes
Vidriería Mundial	10434	1.109,07	Deutsche Fenster.	Amberes
Aluminio Manufact.	10000	3.133,33	" "	"
Comercial Kywi	3500	381,67	S.A.Des Verreries	Amberes
Imp. Armas	8200	942,14	" "	"
Ecuat. Artefactos	1912	192,11	Glaverbel	Amberes
Negocios Unidos	10000	1.499,40	Cristalería Peldar	Bogotá
Negocios Unidos	9900	855,00	" "	"
Negocios Unidos	9900	1.257,70	" "	"
Negocios Unidos	10000	1.740,00	" "	"
Vidriería Quito	19800	1.558,00	" "	"
Aluminio Manufac.	9600	1.369,90	" "	"
Alumar	9900	1.460,00	" "	"

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Emmanuel Pauta C.	10050	1.135,60	Cristalería Peldar	Bogotá
Vidriería Anhalzer	9900	1.210,00	" "	"
Vidriería Anhalzer	9000	1.357,00	" "	"
Vidriería Anhalzer	19800	11645,00	" "	"
Impr. Armas	19680	2.980,40	" "	"
Luis Romero C	9930	955,50	" "	"
Luis Romero S	9910	989,50	" "	"
Marcelo Jaramillo	9900	740,00	" "	"
Marcelo Jaramillo	10000	1.149,50	" "	"
José Cárdenas	9980	808,50	" "	"
Vidriería Ecuador	19900	1.799,70	" "	"
Almacén el Mundo	9300	870,00	" "	"
SUMAN.....	363898	$41.297,86		

MES DE MAYO DE 1.967

Negocios Unidos	1001	144,68	Saint Gobain	Amberes
Vitral Co.	1170	1.080,01	Vereinnigte Glass	Hamburgo
Vidriería Crespo	6440	647,80	Glaverbel	Amberes
Aluminio Arquitec.	2470	274,18	Glas Und Spiegel	Bremen
Vidriería Guevara	10557	845,93	Glaverbel	Amberes
Carlos Guevara	5060	1.165,80	Glaverbel	Amberes
Rep.Industriales	915	236,8	Deutsche Fenster.	Amberes
Vidriería Mundial	1000	377,00	Glaces de Boussois	hamburgo
Vidriería Mundial	3225	1.271,79	" "	"
Rep. Industrial	2690	505,68	Deutsche Fenster.	Amberes
Impor. Armas	5165	1.484,08	" "	"
Comercial Armas	9900	1.095,40	Cristalería Peldar	Bogotá
" "	9900	770,00	" "	"
" "	9900	775,00	" "	"

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA		LUGAR
Comercial Armas	99000	775,00	Cristalería Peldar.		Bogotá
Comercial Armas	9900	1.223,90	"	"	"
Ecuat. de Aluminio	10000	964,00	"	"	"
Vidriería Quito	19800	1.575,00	"	"	"
Luis Romero S	19090	1.910,00	"	"	"
Luis Romero S	8960	1.186,50	"	"	"
" "	10040	1.016,00	"	"	"
José Cárdenas	10060	785,00	"	"	"
Ramón Vega	19910	1.468,00	"	"	"
Elicio Cisa M	10050	832,50	"	"	"
Aluminio Arquitec.	9950	1.265,60	"	"	"
Josée Cárdenas	10010	768,00	"	"	"
Marcelo Jaramillo	10010	1.089,50	"	"	"
Negocios Unidos	9950	1.262,70	"	"	"
Negocios Unidos	9960	1.396,00	"	"	"
Negocios Unidos	8900	900,90	"	"	"
Comercial Kucky	19990	1.565,00	"	"	"
Vidriería Anhalzer	9900	812,50	"	"	"
Vidriería Anhalzer	10050	1.134,00	"	"	"
SUMAN.....	318475	34.498,15			

MES DE JUNIO DE 1.967

Vidriería Mundial	7014	662,30	Deutsche Fenster.		Bremen
Enrique Silva	3830	988,27	"	"	"
Embajada Americana	179	216,00	Bendix Field Engine.		Baltimo
Imp.Comercial Armas	7770	484,97	O. Wilms		Hamburg
Vidriería Guevara	3020	573,40	Glaverbel		Amberes
Vidriería Guevara	8875	1.858,00	Glaverbel		Amberes

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Londres García	14682	22138,03	Deutsche Fensterglas	Amberes
Aluminio Arquit.	3955	174,86	" "	"
" "	3926	1.283,36	" "	"
Aluminio Arquit.	480	125,55	" "	"
Casa Cml.Coleman	1589	90,00	American Imp.	New Orleans
Ecuat.De Hoteles	19500	6.116,00	Glacerie de Franie.	Amberes
Negocios Unidos	7325	1.902,00	Saint Gobain	Amberes
Vidriería Anhal.	2413	457,07	Glaverbel	Amberes
Emb. Amariana	2684	181,50	Bendix Field Enginee.	Baltimore
Roman.Cía	6208	538,11	Deutsche Fensterglas.	Amberes
Ricardo Salazar	34	33,50	Coutinho	Hamburgo
Vidriería Anhalzet	1000	964,00	Cristalería Peldar	Bogotá
Marcelo Jarami.	20062	2.221,40	" "	"
Lida Jaramillo	10000	1.014,60	" "	"
Luis Romero	20030	1.705,50	" "	"
Londres García	10050	996,50	" "	"
Vidriería Quito	19910	1.550,00	" "	"
Negocios Unidos	10050	1.519,30	" "	"
Comercial Armas	10010	779,00	" "	"
Galo Salvador	20020	1.456,00	" "	"
José Cárdenas	10070	1.001,50	" "	"
Vidriería Anhal.	10120	816,50	" "	"
Luis Romero	20200	2.022,50	" "	"
Vidriería Quito	20130	1.051,40	" "	"
José Cárdenas	10080	859,50	" "	"
Marcelo Jarami.	20270	1.912,90	" "	"
Almaca	9900	1.145,00	" "	"

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA		LUGAR
Ecuat. De Aluminio	20050	2.737,50	Cristalería Peldar.		Bogotá
Franklin Malo	10100	769,00	"	"	"
Impor Armas	20070	2.097,00	"	"	"
Impor Armas	20020	1.539,00	"	"	"
Impor. Armas	10010	779,00	"	"	"
Vidriería Anhalzer	10050	1.115,20	"	"	"
Casa Española	9970	889,10	"	"	"
Vidriería Crespo	10000	869,50	"	"	"
Vidriería Crespo	20000	2.699,60	"	"	"
Negocios Unidos	10010	835,50	"	"	"
Negocios Unidos	20050	2.283,00	"	"	"
SUMAN.....	394765	56 $10696			

MES DE JULIO DE 1.967

Rep.Ind.Cia Ltda.	4540	510,45	Glas Und Spiegel	Bremen
Luis Silva	2730	872,02	Deutsche Fenster	Amberes
Vidriería Guevara	12600	947,03	" "	"
Vidriería Anhalzer	5680	251,37	Glasesexport	Hamburgo
Vidriería Artísti.	55000	249,67	Vereinegte	Hamburgo
Hotelera Punta Car.	19295	4.180,53	Glacerie de Fran.	Amberes
M.E. Jaramillo	5830	819,41	Glaverbel	Amberes
Hotel Punta Carnero	3830	1.858,88	Deutsche Fenster.	Hamburgo
Hotel Punta Carnero	2172	828,71	" "	"
Telmo Orquera	8264	722,01	" "	"
Vidriería Quito	14900	1.872,70	Glaverbel	Amberes
Fabri. Ctas. Meta.	21924	302,25	Voigt Schneider	Hamburgo
SUMAN.....	103265	$13.415,02		

MES DE AGOSTO DE 1.967

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Vidriería Crespo	19756	2.656,03	Deutsche Fenster.	Amberes
José Cárdenas	4200	714,85	Glaverbel	Amberes
Aluminio Arquitec.	3998	342,90	Wilms	Hamburgo
Aluminio Arquitec.	1540	522,19	Deutsche Fenster	Amberes
Vitral Cia	200	318,00	Pittsburg Plate G.	Evergla
Guillermo Salvador	20100	2.815,13	Cristalería Peldar	Bogotá
Luis Romero	20030	1.705,50	"	"
Ramón Vega	2020	1.506,00	"	"
Casa Española	9970	959,00	"	"
Marcelo Jaramillo	10070	1.289,10	"	"
Vidriería Belga	10020	917,00	"	"
Lida de Jaramillo	9900	1.149,50	"	"
Imp.Com. Garman Ca.	10060	1.157,30	"	"
Vidriería Quito	20130	1.529,00	"	"
Aluminio Arquitec.	10050	963,50	"	"
Negocios Unidos	10160	1.344,40	"	"
Luis G. Romero	40370	3.909,00	"	"
Vidriería Quito	10050	1.028,10	"	"
Marcelo Jaramillo	20200	2.162,70	"	"
Lida de Jaramillo	10060	989,00	"	"
José Cárdenas	10000	1.025,50	"	"
Bco. Ecu. Vivienda	19800	1.513,00	"	"
Imp. Armas	29920	2.818,70	"	"
Vidriería Schelzer	30970	3.641,10	"	"
Negocios Unidos	20050	2.155,70	"	"
Vidriería Ecuador	20140	1.778,00	"	"
SUMAN.....	431764	$ 40.910,10		

MES DE SEPTIEMBRE DE 1.967

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Guevara	6200	1.448,80	Glaverbel	Aberes
ZApata Hnos Cia	36500	2.413,19	Amonti Trust	Hamburgo
Vidriería Mundial	14400	9.998,00	" "	"
Rep.Ind.Cia Ltda	1625	182,61	Glaverbel	Amberes
Vidriería Indupla.	3480	425,32	"	"
Vidriería Guevara	430	102,27	"	"
Vitral Cia Ltda	2580	188,00	O ilms	Hamburgo
Vitral Cia Ltda	2376	215,80	"	"
Teófilo López	6480	351,67	Glasesexport	Hamburgo
Londres García C	4191	417,96	Deutsche Fenster	Bremen
SUMAN	78202	$6741,62		

MES DE OCTUBRE DE 1.967

Rep. Ind.	1816	491.01	Glaberbel	Amberes
C. Vitral	870	54,00	ilms	Hamburgo
C. Vitral	7560	616,10	"	"
C. Vitral	3258	670,30	"	"
Vidriería Belga	12558	1.035,04	Deutsche Fenterglass	Bremen
Rep. Ind.	4304	618,11	" "	"
Aut. Portuaria	3234	583,48	" "	"
Vidriería Anhalzer	6830	2.463,88	Glaverbel	Amberes
Almacenes Piasa.	1466	392,51	Daussois Sauchen	Amberes
Ecuat. Artefactos	3722	264,55	Glaverbel	Amberes
Represen Ind.	3230	650,18	Deutsche Tefelglas	Bremen
Vidriería Quito	20130	1.526,00	Cristalería Peldar	Bogotá
Marcelo Jaramillo	20150	1.928,60	" "	"
E. Pauta Córdova	10950	854,10	" "	"
Aluminio Manufac.	20000	2.833,50	" "	"

CASA IMPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB.	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Vidriería america	20380	$ 2.117,30	Cristalería Peldar	Bogotá
Negocios Unidos	20050	3.788,40	" "	"
Vidriería Anhalzer	20500	1.965,50	" "	"
Luis Salgo	40140	3.728,00	" "	"
Comercial Kywi	20400	2.586,00	" "	"
Salvador Guerrero	40040	3.184,00	" "	"
Imp. Com. Armas	20020	1.598,00	" "	"
Negocios Unidos	30170	3.062,00	" "	"
Librería Ecuador	20320	1.196,30	" "	"
Imp. Cía Cabrera	10040	778,50	" "	"
Londres García C.	10050	849,00	" "	"
Ramón Vega P.	10650	1.023,00	" "	"
Marcelo Jaramillo	30150	2.696,90	" "	"
Alumar	20000	2.563,80	" "	"
Ecuat. Aluminio	30170	4.389,36	" "	"
Vidriería Quito	20130	1.557,00	" "	"
José Cárdenas	10020	760,50	" "	"
Soc. Agr. Cabezas	10400	1.999,80	" "	"
Vidriería Crespo	10090	888,100	" "	"
Librería Molina	10000	0.914,00	" "	"
SUMAN.....	455475	57.235,72	"	
	MES DE NOVIEMBRE DE 1967			
Vidriería Mundial	6600	549,35	Films Co.	Hamburgo
Negocios Unidos	29395	7.038,09	Saint Gobain	Amberes
Aluminio Arquitec.	2395	470,33	Deutsche Fensterglass	Bremen
Vidiería Guevara	5645	497,00	" "	"
Francisco Castro	1714	179,57	Voigt Schroder	Hamburgo
Aluminio Arquitec.	4500	1.559,41	Glaverbel	Amberes

CASA EXPORTADORA	PESO Kg.	VALOR FOB	CASA EXPORTADORA	LUGAR
Emmanuel Córdova.	10000	$ 1.015,50	Cristalería Peldar	Bogotá
José Cárdenas	10060	1.054,00	"	"
Imp. Com. Armas	20020	1592,00	"	"
Negocios Unidos	30490	3.668,20	"	"
Marcelo Jaramillo	10010	866,60	"	"
Luis Romero	20230	2.203,50	"	"
Vidriería anhalzer	20100	$ 3.600,90	"	"
SUMAN.....	172029	23.295,40		

MES DE DICIEMBRE DE 1967

Casa Com. Joy Hnos.	12305	318,11	Amanti Trust Reg.	Hamburgo
Ecuat. de Aluminio	8500	2.117,68	Glacerie d'Franiere	Amberes
Vidriería Guevara	14424	2.084,69	Deutsche Fensterglass	Bremen
Aluminio Manufac.	7352	2.295,06	"	"
Vidriería Artística	1500	230,00	Sote Ame Verreries	Amberes
Fca. alambres Puas	16940	2440,00	Amanti Trust Reg.	Hamburgo
La Casa Española	20160	1.892,30	Cristalería Peldar	Bogotá
Imp. Com. Armas	50820	5.127,70	"	"
Luis C. Romero	20260	1.778,80	"	"
José Cárdenas	20080	942,00	"	"
Impor. Cia. Cabrera	10050	953,00	"	"
Vidriería Anhalzer	20750	1.984,64	"	"
Vidriería Crespo	20070	1.971,60	"	"
Vidriería Belga	21010	$ 2.270,60	"	"
SUMAN	234251	24.206,41		

Total del Año 1967: 3.223.840,00 ; $ 363.929,81.

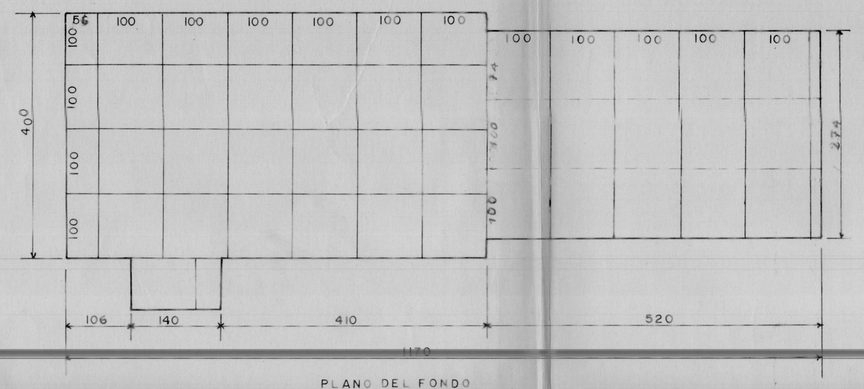
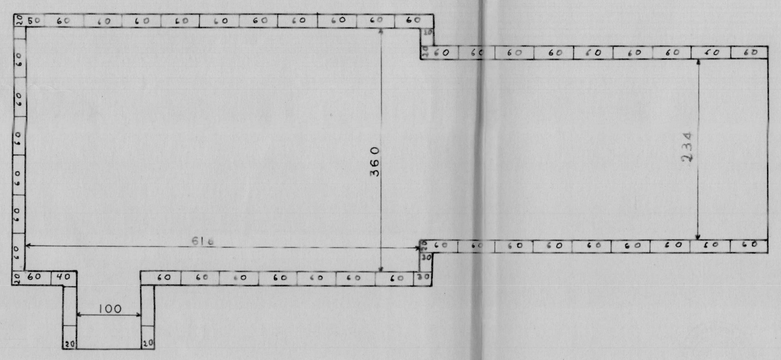
CUARTA PARTE

Ciencia e Ingeniería de Materiales Donald R. Askeland

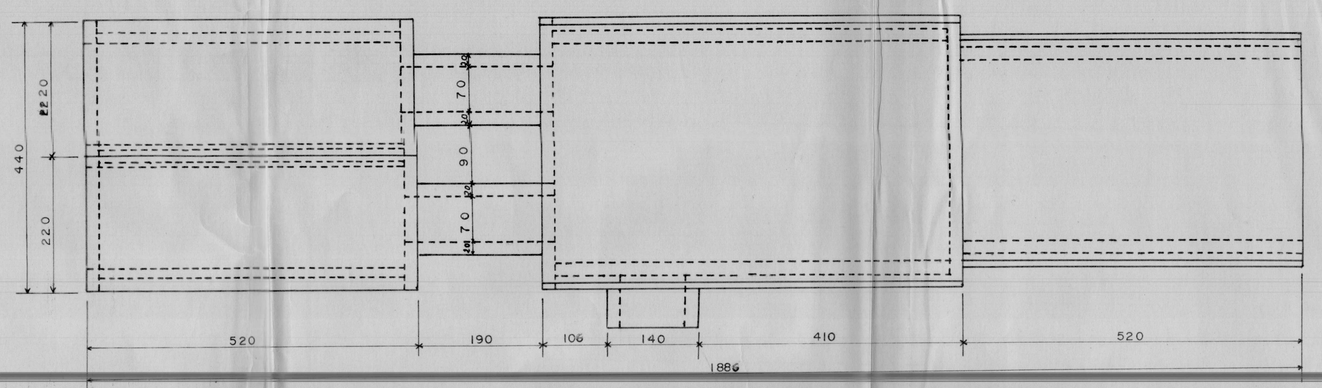
BIBLIOGRAFIA

1. Dr. Felix Singer. The Glass Industry, June 1950.
2. C. W. Parmelee and A. E. Badger, Univ. Illinois Eng. Expt. Brell.
3. L. Pauling, The Nature of the Chemical Bond, Ithaca, N.Y. Cornell University Press. 1948.
4. W. H. Zachariasen, The Atomic Arrangement in Glass, Journ. Amer. Soc 54, 3941(1932).
5. H. Appert, S. Am. Ceram. Soc. 13, 302 (1934)
6. J. C. Potts., C. Brookover, and O. G. Burch, "Melting Rate of Soda-Lime Glasses as Influenced by Grainn Size of Raw Materials of Cullet". J. Am. Cerm. Soc. ; 27(8), 225(1944)
7. H. R. Lillie, "Basic Problems in Glass Annealing", Glass Industry, 31,355-58(1950).
8. W.D. , Introduction to Ceramics. New York Wiley And Sons 644(1960)
9. L. H. Adams and E. D. Williamson, j. Franklin Inst. , 190, 597-631 835-870(1920)
10. L. H. Adams and E. D. Williamson, Phys. Rev. , 14, 108(1919)
11. Boris Daragan, "The Annealing of Flat Glass". The Glass Industry Volumen 35, Number 8, August (1954).
12. L. H. Adams, J. Franklin Inst. , 216, 39-71(1939).
13. G. A. Gaffert, Centrales de Vapor,(1954)
14. Fay V. Tooley, Handbook Of Glass Manufacture. New York.
15. A. P. Green Refractory Pocket Catalog, Mexico, Missouri, U. S. A.
16. R. W. Devillers and F. B. Vaerewyck, Glass Tank Furnaces. N. Y.
17. ASHRAE, Guide And Data Book, 1961 New York.
18. Steam Its Generation And Use, The Babcock & Wilcox Company, New York.
19. A. Hero, Fabricación y Trabajo del Vidrio, Barcelona.
20. Gas Engineers Handbook, Pacific Gas Association.
21. Catalog Nº 456 Hauck Venturi High Pressure Atomizing Oil Burners; Brookyn 15 N. Y.

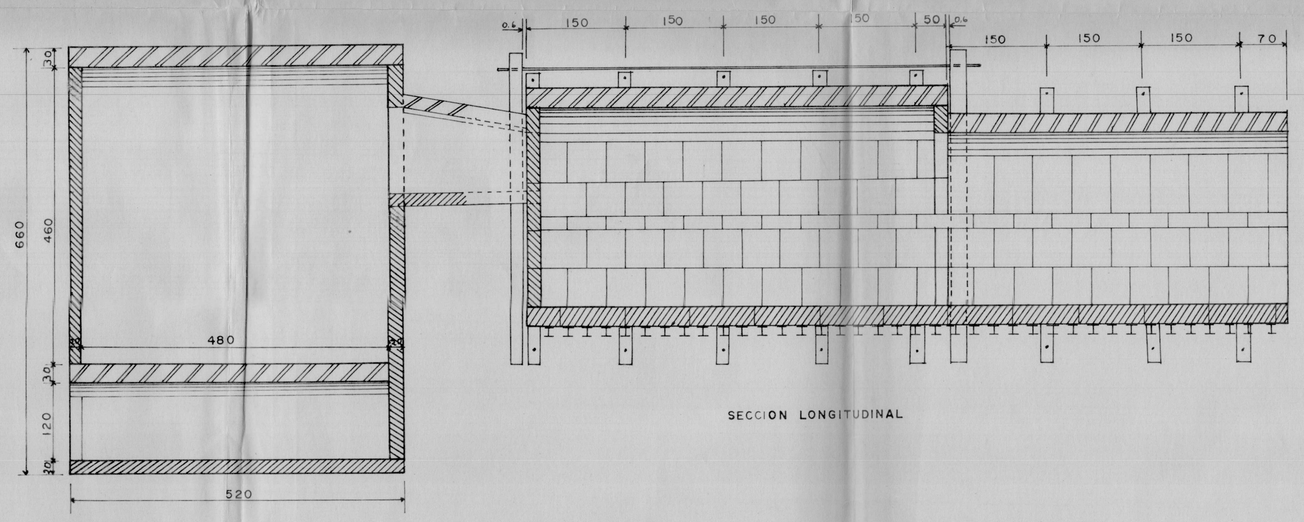
QUINTA PARTE


400
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100


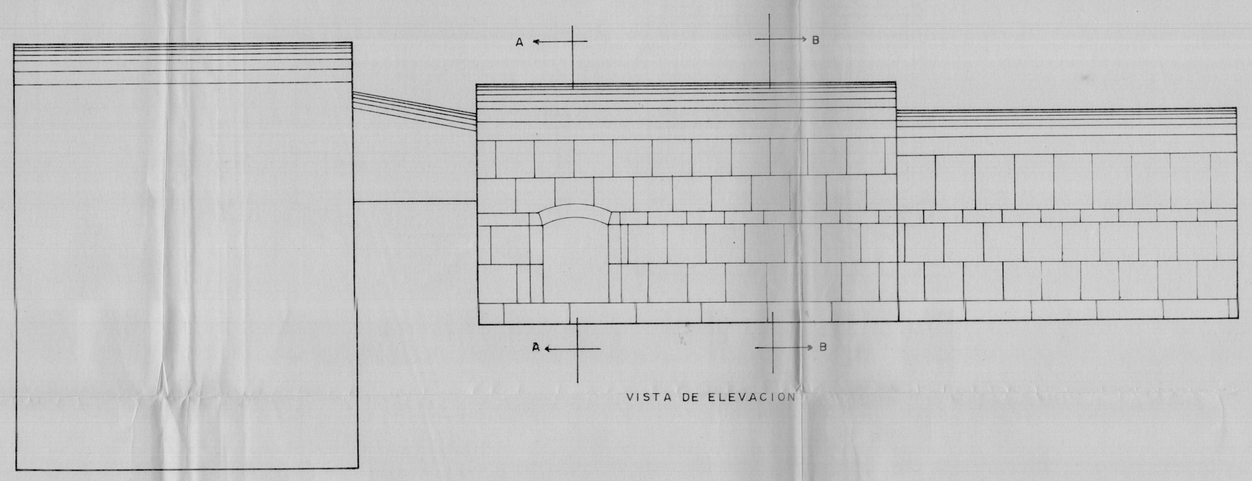
PLANO DE LAS PAREDES



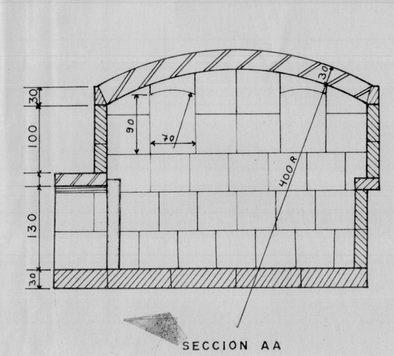
VISTA DE PLANTA



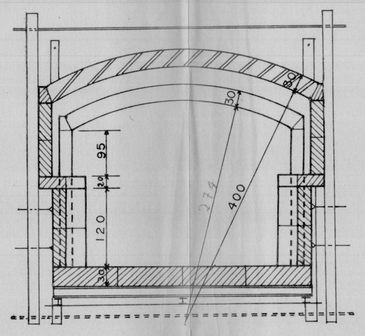
SECCION LONGITUDINAL



VISTA DE ELEVACION



SECCION AA



SECCION BB

	LISTA DE MATERIAL	
N:	DESCRIPCION	LOCALIZACION
24	30X100X100 cm.	FONDO
10	30X100X100 cm.	"
5	30X100X 74 cm	"
4	30X100X 56 cm	"
92	20X 60X 60 cm	PAREDES CON VIDRIO
60	20X 60X 60 cm	PAREDES SUPERIORES
580	23X17,5X(6,35-9,76) cm	CORONA FUNDICION
15	23X17,5X(6,35-9,76) cm	" "
2548	23X17,5X6,35 cm	" "
48	23X17,5X6,35 cm	" "
660	23X17,5X(6,35-9,76) cm	CORONA REFINADO
95	23X17,5X(6,35-9,76) cm	" "
1486	23X17,5X6,35 cm	" "
34	23X17,5X6,35 cm	" "
200	SKWES	
19501	23X17,5X6,35 cm	PAREDES REGENERADOR
400	23X17,5X6,35 cm	" "
4028	23X17,5X6,35 cm	CORONAS REGENERADOR
76	23X17,5X6,35 cm	" "
2480	23X17,5X(6,35-9,76) cm	" "
60	23X17,5X(6,35-9,76) cm	" "
21891	23X17,5X6,35 cm	CHECKER

HORNO PARA FUNDIR VIDRIO
TIPO REGENERATIVO
CON FUEGO EN EL EXTREMO
120 METROS PROFUNDIDAD DEL VIDRIO

Dibujado por: Julio GAllardo	
Chequeado por	Escala 2 Cm = 1m
Aprobado por	Fecha

N

RAMPA DE DESCENSO 75 cm. 10°

MAQUINA

Regenerador

ZONA DE FUNDICION

CANAL

Elevador

Chimenea

2700 cm

1800 cm

900 cm

PLANTA DE MEZCLA

CUARTO PODER

BOMBAS DE ACEITE

CUARTO DE COMPRESORES

Cuarto de Instrumentos

Cuarto de Preparacion Flotadores y Debiteuse

ARCHA DE SECADO

TALLER MECANICO

Laboratorio Quimico

ADMINISTRADOR

Almacen de Repuestos

Bodega del Administrador

NO Asignado

JEFE Cortador

NO asignado

LABAVO

COMEDOR

1 2 3 4 5

5 CUARTOS DE CLASIFICACION Y CORTE

EMBALAJE ALMACENAJE ENVIO

CARPINTERIA

ALMACENAJE DE MADERA PAPEL

MUELLE DE CARGA Y DESCARGA

RAMPA DESCENSO

RAMPA DE DESCENSO

El cielo razo del cuarto debe ser de 10 pies de alto. La temperatura debe conservarse a 85° F

1200 cm | 600 cm | 1200 cm | 1800 cm | 1200 cm | 1200 cm | 600 cm | 1200 cm | 600 cm | 240 | 360 cm | 600 cm | 1200 cm | 3000 cm

25 ESPACIOS a 600 cm 15000 cm

15000 cm

450

B

A

C

D

LADO DE ELEVACION

12 | 3

720 cm

480

600 cm

120

1800 cm | 900 cm

SECCION A A

1500 cm

1800 cm | 900 cm

SECCION B B

720 cm

1800 cm | 900 cm

SECCION C C

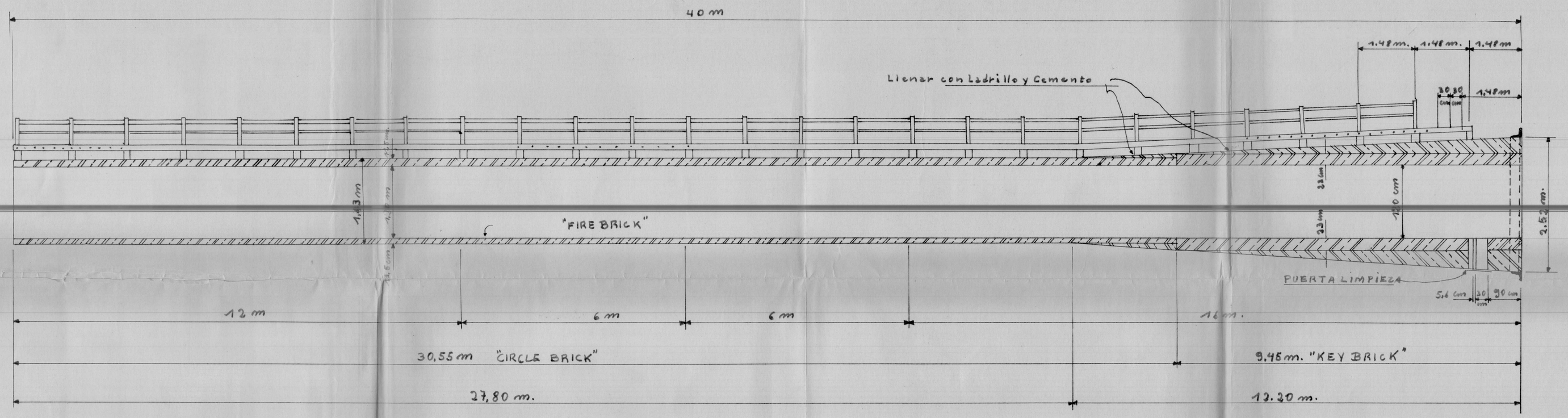
720 cm

1800 cm | 900 cm

SECCION D D

PLANTA DE VIDRIO DE VENTANA

Dibujado por Julio Gallardo L. | Escala 2,5 cm = 600 cm

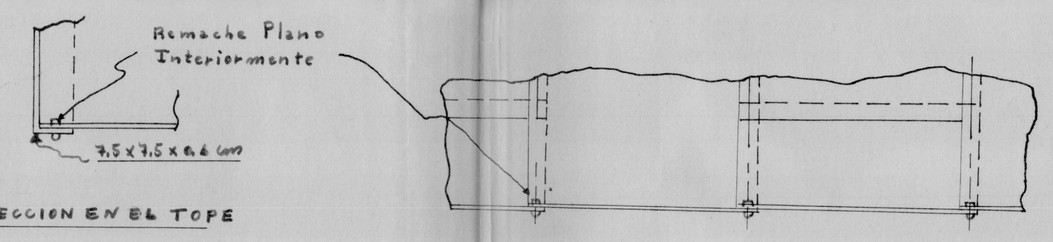


LADRILLOS NECESARIOS

9600	"Circle Brick"
3148	"N: 3 Key"
3725	"N: 2 Key"
14	"N: 1 Arch"
6	"N: 2 Arch"
4	"Feather Edge"

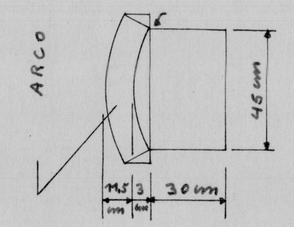
NOTAS

USE REMACHES DE 16 m.m.
LA DISTANCIA ENTRE REMACHES NO DEBE SER MAYOR DE 76 m.m.
LA SECCION RECTA DE 30.55m DEBE SER SIMPLEMENTE REMACHADA
LA SECCION CÓNICA 12.20 m. DEBE SER CON DOBLE REMACHE
CADA ANILLO DEBE SER EN 2 PIEZAS REMACHADAS DE TAL MANERA QUE FACILITE SU COLOCACION
LA CHIMENEA DEBE SER VESTIDA INTERIOR Y EXTERIORMENTE CON OXIDO ROJO
LA CHIMENEA DEBE SER REVESTIDA CON GRAFITO EXTERIORMENTE

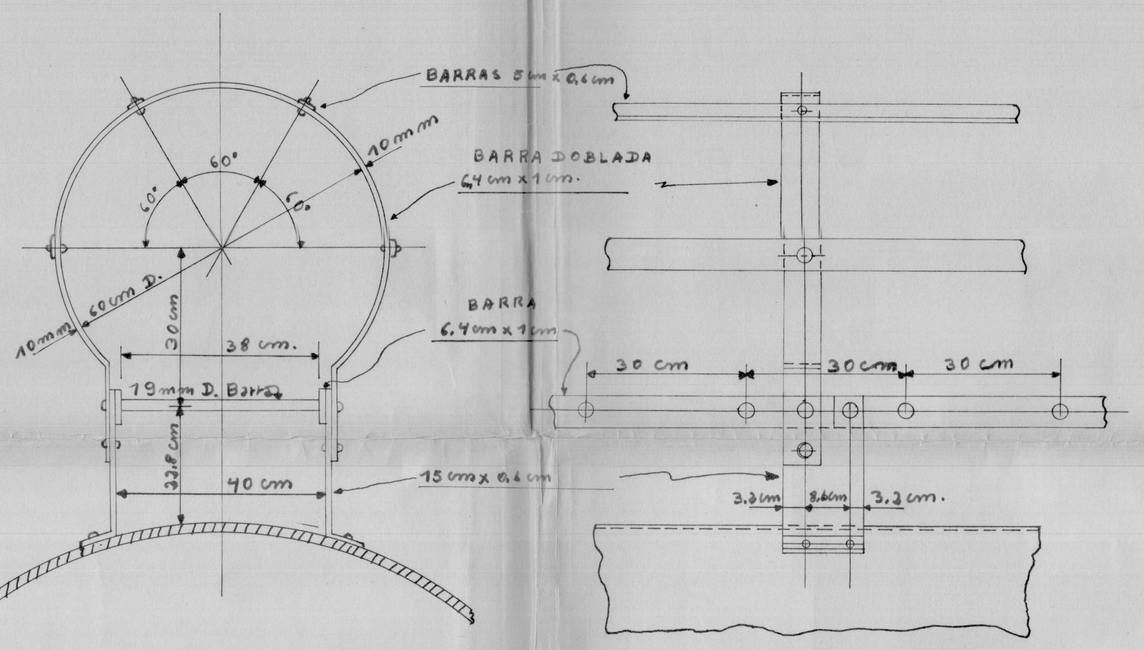


SECCION EN EL TOPE

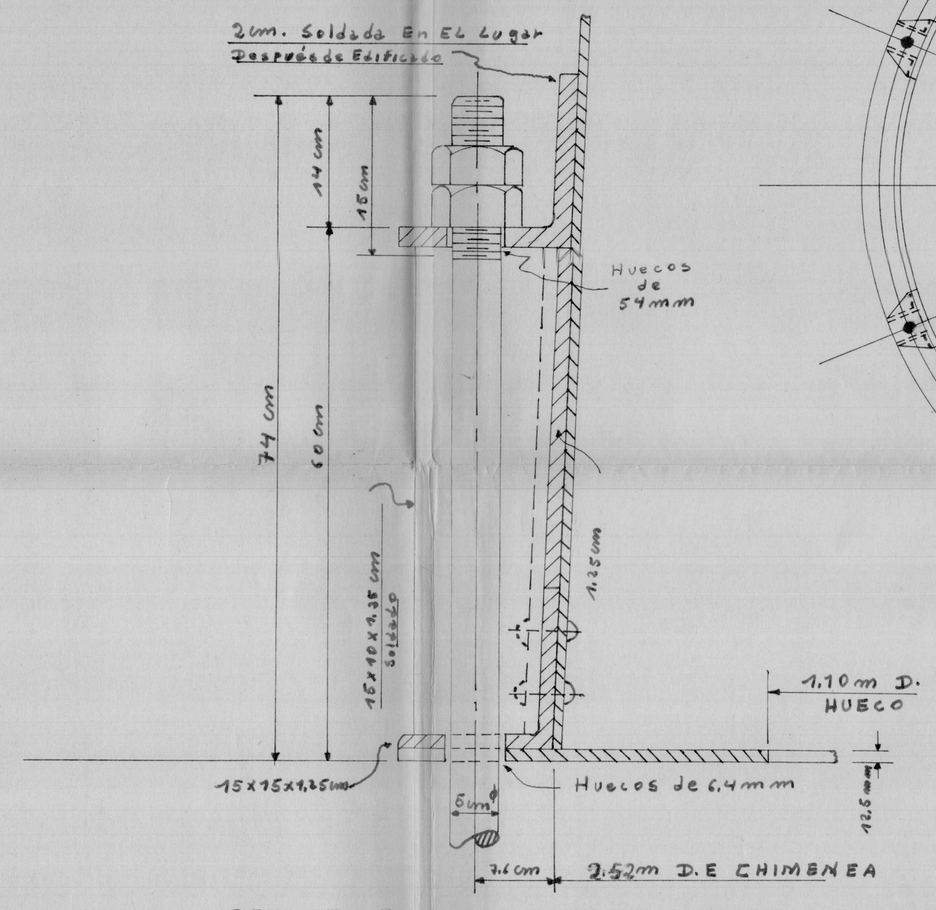
SECCION MOSTRANDO LA SUPERPOSICION



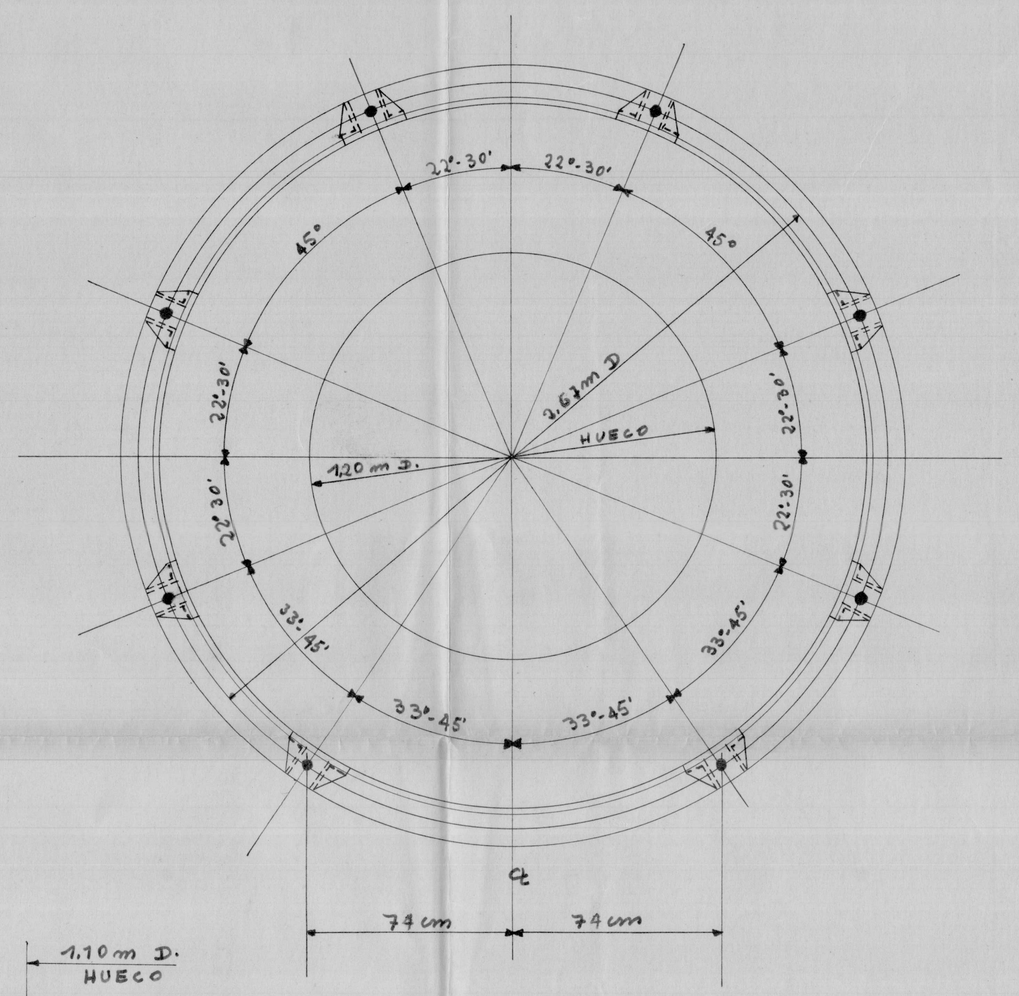
VISTA AMPLIADA DE LA PUERTA DE LIMPIEZA



DETALLE DE LA ESCALERA DE SEGURIDAD



DETALLE DE LA CONEXCION DE LA BASE DE LA CHIMENEA



PLANO DE LA BASE

1.43 m x 40 m
CHIMENEA CON SOPORTE DE ACERO

Dibujado Por:	Julio Gallardo L.
Chequ:	Escala: ∞
Aprobado por:	

TABLA PERIODICA DE OXIDOS

OWENS ILLINOIS INC. 1967.

Número Atómico
Oxidos
Nombre
Peso Molecular

(He 4,0026) Oxido desconocido

Fe (III) Condición de oxidación en estado normal acuoso.

1 Hidrógeno H_2O 18,015																	2 Helio (He 4,0026)
3 Litio Li_2O 29,877	4 Berilio BeO 25,012											5 Boro B_2O_3 69,620	6 Carbono CO 28,011 CO_2 44,010	7 Nitrógeno NO 30,006 NO_2 46,006 N_2O 44,013 N_2O_5 108,010	8 Oxigeno O_2 31,9988	9 Fluor F_2 37,997	10 Neón (Ne 20,183)
11 Sodio Na_2O 61,979	12 Magnesio MgO 40,311											13 Aluminio Al_2O_3 101,961	14 Silicio SiO_2 60,085	15 Fósforo P_2O_5 141,945	16 Asufre SO_2 64,063 SO_3 80,062	17 Cloro Cl 70,906	18 Argón (Ar 39,948)
19 Potasio K_2O 94,203	20 Calcio CaO 56,08	21 Escandio Sc_2O_3 137,910	22 Titanio TiO_2 79,90	23 Vanadio VO 66,941 V_2O_3 149,882 V_2O_4 165,882 V_2O_5 181,881	24 Cromo Cr_2O_3 151,990 CrO_3 99,994	25 Manganeso MnO 70,937 MnO_2 86,937 Mn_2O_3 157,874	26 Hierro FeO 70,937 Fe_2O_3 159,692 Fe_3O_4 231,538	27 Cobalto CoO 74,932 Co_2O_3 165,864 Co_3O_4 240,796	28 Níquel NiO 74,71 Ni_2O_3 165,42	29 Cobre CuO 79,54 Cu_2O 143,08	30 Cinc ZnO 81,37	31 Galio Ga_2O_3 187,44	32 Germánio GeO 104,59	33 Arsénico As_2O_3 197,841 As_2O_5 229,840	34 Selenio SeO_2 110,96 SeO_3 126,96	35 Bromo BrO 111,91 Br_2O 175,82	36 Criptón (Kr 83,80)
37 Rubidio Rb_2O 186,94	38 Estroncio SrO 103,62	39 Ytrio Y_2O_3 225,81	40 Circonio ZrO_2 123,22	41 Niobio Nb_2O_5 265,809	42 Molibdeno MoO_2 127,94 MoO_3 143,94 Mo_2O_3 239,88	43 Tecneccio (Te 98)	44 Rutenio RuO 117,07 RuO_2 133,07 RuO_3 149,07 RuO_4 165,07 Ru_2O_3 250,14	45 Rodio RhO 118,904 Rh_2O 134,904 Rh_2O_3 253,808	46 Paladio PdO 122,4 PdO_2 138,4	47 Plata Ag_2O 231,739	48 Cadmio CdO 128,40	49 Indio In_2O_3 277,64	50 Estaño SnO 134,69 SnO_2 150,69	51 Antimonio Sb_2O_3 291,50 Sb_2O_5 323,50	52 Teluro TeO_2 159,60 TeO_3 175,60	53 Iodo I_2O_5 333,806	54 Xenón (Xe 131,30)
55 Cesio Cs_2O 281,809	56 Bario BaO 153,34	57 Lantano La_2O_3 325,82	72 Hafnio HfO_2 210,49	73 Tantalio Ta_2O_5 441,893	74 Wolframio WO_2 215,85 WO_3 231,85 $W_{40}O_{11}$ 911,39	75 Renio ReO_2 218,2 ReO_3 234,2 Re_2O_3 420,4 Re_2O_7 484,4	76 Osmio OsO 206,2 OsO_2 222,2 OsO_4 254,2 Os_2O_3 428,4	77 Iridio IrO_2 224,2 Ir_2O_3 432,4	78 Platino PtO 211,09 PtO_2 227,09	79 Oro Au_2O 409,933 Au_2O_3 441,925	80 Mercurio HgO 216,59 Hg_2O 417,18	81 Talio Tl_2O 424,74 Tl_2O_3 456,74	82 Plomo PbO 223,19 PbO_2 239,19 Pb_2O 430,38 Pb_2O_3 462,38 Pb_3O_4 685,57	83 Bismuto Bi_2O_3 495,958	84 Polonio PoO_2 242,05	85 Astatio (At 210)	86 Radón (Rn 222)
87 Francio (Fr 223)	88 Radio (Ra 226,00)	89 Actinio Ac_2O_3 502															

SERIE DEL LANTANO	58 Cerio CeO_2 172,12 Ce_2O 328,24	59 Praseodimio PrO_2 172,906	60 Neodimio Nd_2O_3 336,48	61 Prometio (Pm 147)	62 Samario Sm_2O_3 274,00	63 Europio Eu_2O_3 351,o2	64 Gadolinio Gd_2O_3 362,50	65 Terbio Tb_2O_3 365,846 Tb_4O_7 747,692	66 Disprosio Dy_2O_3 373,00	67 Holmio Ho_2O_3 377,858	68 Erbio Er_2O_3 382,52	69 Tulio Tu_2O_3 385,866	70 Iterbio Yb_2O_3 394,08	71 Lutecio Lu_2O_3 397,94
SERIE DEL ACTINIO	90 Torio ThO_2 264,037	91 Protestinio Pa_2O_2 263,10 Pa_2O_5 542,20	92 Uranio UO 254,03 UO_2 270,03 UO_3 286,03 U_2O_5 556,06 U_3O_7 826,09 U_3O_8 842,09	93 Neptunio NpO_2 269,00 Np_3O_8 839,00	94 Plutonio PuO_2 274,00	95 Americio Am_2O_3 534,26 AmO_2 275,13	96 Curio CmO_2 277 Cm_2O_3 538	97 Berkelio Bk (III) Bk (IV)	98 Californio Cf_2O_3 549	99 Einstenio Es (III)	100 Fermio Fm (III)	101 Mendelevio Md (III)	102 Nobelio	103 Laurencio