

300617
39
201



UNIVERSIDAD LA SALLE
ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

**DISEÑO DE UNA MAQUINA PARA CORTE DE VIDRIO POR
CHOQUE TERMICO.**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
CON AREA PRINCIPAL EN INGENIERIA MECANICA.**

PRESENTA

JESUS MARIO MUÑOZ RUIZ

ASESOR: M.en I. RAUL MORALES FARFAN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO D.F. JUNIO 1993.



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I "EL VIDRIO"	3
1.1 HISTORIA DEL VIDRIO	4
1.2 DEFINICION DEL VIDRIO	5
1.3 NATURALEZA Y CONSTITUCION DEL VIDRIO	6
1.4 COMPOSICION QUIMICA DEL VIDRIO	9
1.5 TIPOS DE VIDRIO	
1.5.1 VIDRIO DE SILICIO	
1.5.2 VIDRIO 96% DE OXIDO DE SILICIO	
1.5.3 VIDRIO DE OXIDO DE SODIO Y OXIDO DE CALCIO	
1.5.4 VIDRIO DE OXIDO DE PLOMO Y OXIDO DE SILICIO	
1.5.5 VIDRIO DE OXIDO DE BORO Y OXIDO DE SILICIO	
1.5.6 VIDRIO DE OXIDO DE ALUMINIO Y OXIDO DE SILICIO	
1.6 COLORACION EN LOS VIDRIOS	14
1.6.1 SOLUCION	
1.6.2 PARTICULAS COLOIDALES	
1.6.3 PARTICULAS MICROSCOPICAS	
1.7 PROPIEDADES DEL VIDRIO	16
1.7.1 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	
1.7.1.1 VISCOSIDAD	
1.7.1.2 DENSIDAD	
1.7.1.3 ENERGIA SUPERFICIAL	
1.7.2 PROPIEDADES MECANICAS	
1.7.2.1 PROPIEDADES ELASTICAS	
1.7.2.2 DUREZA	
1.7.2.3 ESFUERZO	
CAPITULO II PROCESOS DE CORTE DE VIDRIO	26
2.1 CORTE EN FRIO	27
2.1.1 CORTE POR RAYADO	
2.1.2 PROCESO HUMEDO DE CORTE	
2.1.3 DISCOS DE CORTE EN MEDIO SECO	
2.2 CORTE EN CALIENTE	29
2.2.1 CORTE POR OXIDACION	
2.2.2 CORTE CON ARCO ELECTRICO	
2.3 CORTE POR CHOQUE TERMICO	31

CAPITULO III DESCRIPCION DEL PROCESO DE ELABORACION DE UNA ESFERA	33
3.1 SOPLADO	34
3.2 CLAVADO	35
3.3 METALIZADO	35
3.4 PINTURA	36
3.5 DESCLAVE	36
3.6 CORTE DE LA EXTENSION	36
3.7 CASQUILLAJE Y EMPAQUE	37
CAPITULO IV DISEÑO Y CALCULOS	39
4.1 DEFINICION DEL PROBLEMA	40
4.2 DISEÑO PRELIMINAR	41
4.2.1 DISEÑO DEL ESQUELETO	
4.2.1.1 SUJECION DE LA ESFERA	
4.2.1.2 CALCULO DEL PLATO ROTATORIO	
4.2.1.3 CALCULO DEL SOPORTE DEL PLATO	
4.2.1.4 CALCULO DE LA BOQUILLA DEL QUEMADOR	
4.2.1.5 CALCULO DEL SOPORTE DE LA BOQUILLA	
4.2.1.6 CALCULO DEL DISCO DE CORTE	
4.2.1.7 CALCULO DEL BALANCIN	
4.2.1.8 CALCULO DEL RECIPIENTE DE AGUA	
4.2.2 DISEÑO DE LA TRANSMISION	
4.2.2.1 CALCULO DE LAS CATARINAS	
4.2.2.2 CALCULO DE LA POTENCIA	
4.2.3 ALIMENTACION DE ENERGIA Y SERVICIOS	59
4.2.3.1 INSTALACION DE AIRE CON PRESION NEGATIVA	
4.2.3.2 INSTALACION DE GAS	
4.2.3.3 INSTALACION DE OXIGENO	
4.2.3.4 INSTALACION DE ENERGIA ELECTRICA	
4.3 DIBUJO VISTA POSTERIOR ELEVACION A - A	
4.4 DIBUJO VISTA FRONTAL ELEVACION B - B	
4.5 DIBUJO VISTA LATERAL ELEVACION C - C	
4.6 DIBUJO VISTA PLANTA ELEVACION D - D	

CAPITULO V ESTUDIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL PARA LA OPERACION DE LA MAQUINA DE CORTE DE VIDRIO POR CHOQUE TERMICO	62
5.1 NUMERO OPTIMO DE MAQUINAS A OPERAR POR EL OBRERO	63
5.2 COSTO DE FABRICACION PARA EL CORTE DE LA EXTENSION (PATA) DE UNA ESFERA DE VIDRIO	63
5.3 CURVA DE APRENDIZAJE	65
5.3.1 PORCENTAJE DE APRENDIZAJE	
5.3.2 CALCULO DEL TIEMPO PARA LOGRAR LA NORMA DE PRODUCCION	
5.4 GRAFICA CURVA DE APRENDIZAJE	68
CAPITULO VI EVALUACION ECONOMICA	69
6.1 INTRODUCCION	70
6.2 INVERSION	71
6.3 COSTO DIRECTO	72
6.3.1 PROCESO DE CORTE TRADICIONAL	
6.3.2 PROCESO DE CORTE PROPUESTO	
6.3.3 COSTOS DE DEPRECIACION	
6.3.4 PROYECCION DE COSTOS DIRECTOS UTILIZANDO LAS DOS OPCIONES DE CORTE	
CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFIA	77

INTRODUCCION

Debido a la imperativa necesidad de mantener la calidad de los productos que México exporta, y a la fuerte recesión económica mundial que nos obliga a reducir los costos de producción, es que el sustentante se atrevió a desarrollar una tesis de análisis, diseño y producción de una máquina para corte de vidrio por choque térmico.

La máquina que se propone se basa en el diseño mecánico, cualitativo y experimental que han desarrollado y perfeccionado Ingenieros Mexicanos con más de treinta años de experiencia en la manufactura del producto.

La máquina se destina a la industria decorativa en la producción de esferas y adornos de vidrio soplado.

La elaboración de una esfera de vidrio comprende varias etapas: soplado, metalizado, pintura, empaque.

En las primeras tres etapas, es indispensable que el producto presente una extensión propia para ser colocada dentro de un contenedor diseñado especialmente para el proceso. Dicha extensión es generada desde el soplado, y es necesario contar con ella para su manejo hasta que la pieza ha sido pintada. Una vez que se llega a esta operación, la extensión deja de ser necesaria, y debe ser removida para la presentación final del producto.

Es precisamente en esta etapa del proceso (corte), en la que se desean mayores rangos de producción a un costo más bajo, y una calidad superior. En la actualidad, en la mayoría de las empresas que se dedican a la elaboración de este tipo de productos, el corte de la extensión se ha venido haciendo en una forma manual o semiautomática, generalmente con el uso de sierras muy finas y frágiles y por o tanto, costosas.

Como se expondrá en el cuerpo del trabajo, el proceso más eficiente para el corte del producto es el llamado "Proceso de corte por choque térmico", debido a las características singulares del material con el que se trabaja.

Se recurrió a la investigación bibliográfica y boletines técnicos de revistas especializadas, así como a la inspección de campo de equipos similares y al soporte técnico de ingenieros experimentados en la fabricación del producto.

Cabe hacer mención que la máquina propuesta ha sido desarrollada, fabricada y puesta en operación, trabajando actualmente con exitosos resultados, basándose, en gran parte, en el desarrollo de este trabajo.

CAPITULO I
EL VIDRIO

CAPITULO I

EL VIDRIO

1.1. HISTORIA DEL VIDRIO.

El vidrio es posiblemente el material más antiguo hecho por el hombre. No se conoce con exactitud cuando fue elaborado por vez primera, pero los primeros hallazgos datan del año 7,000 a.C., en el periodo neolítico.

El vidrio se originó en el Medio Oriente y los primeros objetos fueron descubiertos en Egipto y en Mesopotamia (actualmente Irak). Asimismo, la elaboración de este material se desarrolló en forma independiente en Grecia, China y en el norte de Tirol.

Existen varias teorías acerca de la elaboración del vidrio, y, según los historiadores, la más acertada explica que se cocían los artículos de alfarería, la presencia casual de arena combinada con óxido de sodio (sosa), más la temperatura elevada en el horno de cocido, provocó que apareciera sobre la cerámica una superficie coloreada, siendo éste el principio de la elaboración de un nuevo material conocido como vidrio.

No fue sino hasta el año 1,500 A.C. que los Egipcios desarrollaron su propia técnica y lograron separar el vidrio de las cerámicas, lo cual significó un importante paso hacia el futuro.

La temperatura de fundición que utilizaron para la elaboración de artículos de vidrio no era muy alta debido a la poca concentración de arena, lográndose la elaboración de un vidrio suave, utilizado para hacer formas simples como vasijas y otros artículos similares.

La adición de cobre y cobalto trajo como consecuencia que la composición original del vidrio tuviera una modificación en su apariencia final, logrando obtener colores como el azul.

La tableta de arcilla de la biblioteca del rey Asirio Ashurbaniphal (664-626 a.C.), contiene un texto en escritura cuneiforme con la siguiente fórmula para obtener vidrio: Tome 60 partes de arena, 180 partes de ceniza, 5 partes de greda y obtendrá vidrio. Esta composición contiene esencialmente todos los materiales usados hasta nuestros días, pero las cantidades de los elementos básicos varían.

Con el curso de los siglos, el arte de la elaboración del vidrio continuó evolucionando a través del amplio comercio que existía entre los países Asiáticos y Europeos.

Otra técnica importante fue desarrollada por los artesanos Sirios hacia el año 200 a.C., logrando soplar el vidrio mediante la utilización de un tubo hueco con una longitud aproximada de 1.5 metros, de la siguiente manera: El tubo se introducía en el hogar del horno, de donde se obtenía un trozo de vidrio fundido, y, ayudándose con aquél, lograban darle la forma esperada al vidrio, soplando o induciendo a través del tubo, un flujo de aire constante, para darle el acabado final.

El descubrimiento de esta técnica marcó el inicio hacia el desarrollo de nuevos procesos para la elaboración de diferentes artículos. No sólo se elaboraron grandes cantidades de vasijas, ollas y artículos de filigrana, sino que además se establecieron las bases para la elaboración del vidrio en una multiplicidad de formas.

1.2. DEFINICION DEL VIDRIO

Unas de las definiciones del término vidrio citada con mayor frecuencia es aquella propuesta por la ASTM, la cual establece que: "El vidrio es un producto inorgánico de fusión, que ha sido enfriado hasta su condición rígida sin cristalización". Esta definición es satisfactoria para aquellos vidrios que son más familiares, como los vidrios usados en ventanas, vasos, lentes de cámaras, lámparas, etc.

Actualmente, después de una serie de investigaciones, se han obtenido datos que nos hacen considerar al vidrio como un líquido de extremada viscosidad que se deforma muy lentamente, bajo fuerzas externas a temperatura normal. Esta deformación no puede ser detectada a simple vista, pero existen procedimientos científicos para calcularla y medirla.

***Después del comentario anterior, la siguiente definición es más precisa: "El vidrio incluye todos los materiales que tienen una estructura similar a la de un líquido con una viscosidad tan elevada a una temperatura ambiente normal, que puede ser considerado como un sólido. En un sentido más limitado, el término vidrio señala a todos los componente inorgánicos que poseen las cualidades básicas". (cita).

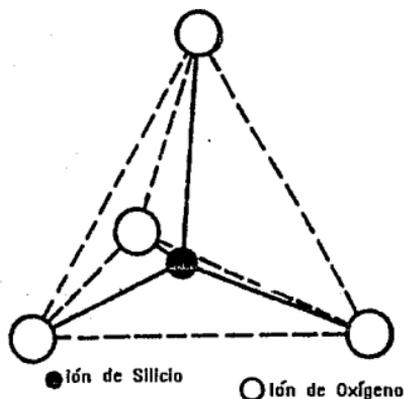
La definición anterior muestra la diferencia que existe entre vidrio y plástico; aunque este último tiene una naturaleza orgánica, nunca podrá ser definido como vidrio a pesar de que ambos son transparentes.

1.3. NATURALEZA Y CONSTITUCION DEL VIDRIO

Los detalles de la estructura química del vidrio difieren o cambian en su composición pero es necesario considerar como un hecho especialmente importante, que los vidrios son líquidos ordinarios. Como es sabido, en cierto sentido el grado de orden de un líquido aumenta cuando la temperatura disminuye, pero es importante comprender que un vidrio, aún en temperaturas relativamente bajas, continúa lejos de ser un cristal, y de hecho, no parece aproximarse a un estado cristalino aún cuando la temperatura sea disminuida.

La naturaleza del vidrio a sido determinada por medio del análisis de la difracción de rayos X. Las investigaciones han arrojado resultados donde la unidad estructural en un cristal de silicio es un tetraedro consta de un ión de silicio en el centro, unido a uno de oxígeno en cada una de las esquinas, (véase fig.1.1). Este tipo de ligadura se denomina "coordinación cuádruple".

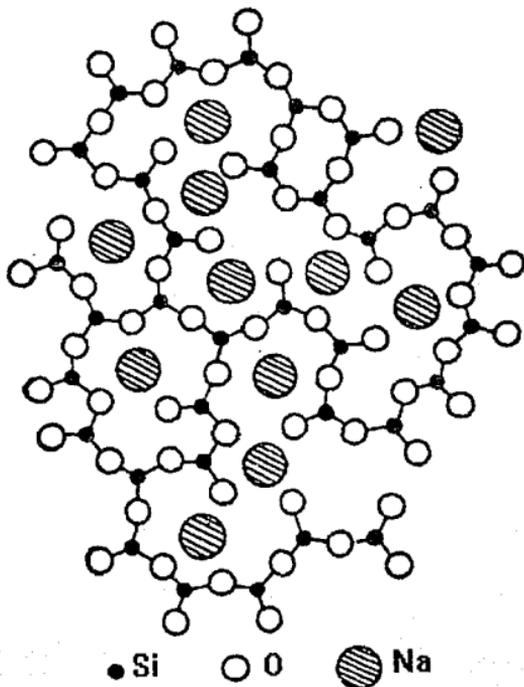
Considerando las valencias, se requiere que cada ión de oxígeno se coordine directamente con dos iones de silicio a la vez; es por eso que los iones de oxígeno forman parte de dos tetraedros adyacentes al mismo tiempo. Esto significa que las estructuras tridimensionales de los diferentes tipos de cristales de silicio se multiplican entre ellas con formaciones que se repiten a lo largo de dichas estructuras.



En el caso del vidrio de silicio, los patrones de difracción de rayos X han demostrado que definitivamente la estructura no es periódica. Sin embargo, el tetraedro de silicio existe precisamente como un cristal, pero su orientación cambia por todo el cuerpo, dando lugar a distorsiones de forma local que destruyen la periodicidad de la red.

Si le agregamos óxido de calcio al óxido de silicio, el radio de los iones de oxígeno aumenta. Estos iones extras no pueden ser incorporados en los dos tetraedros, y es por eso que la red pierde su continuidad en los puntos donde los iones en particular están situados, lo que provoca que ésta sea menos rígida a temperaturas elevadas.

Los iones de sodio y de calcio se acomodan en los espacios que resultan de este arreglo. Tomando en cuenta su tamaño pequeño, los iones de sodio son capaces de pasar de un espacio a otro con energía relativamente baja, por eso, en ellos retienen aún algún grado de movilidad a la temperatura ambiente.



1.4.COMPOSICION QUIMICA DEL VIDRIO.

La mayoría de los vidrios comerciales son producto de óxidos inorgánicos, donde el silicio o la arena es un elemento importante, y por eso los tecnólogos restringen el término vidrio a un producto de óxidos inorgánicos. Algunos cuerpos sin cristalizar no se consideran como vidrios en el estado vítreo o cristalino.

Un número extenso de tipos de vidrio puede clasificarse de diversas formas. La posibilidad de lograr diferentes composiciones es amplia, pero generalmente una clase de sustancia está presente dentro de cada tipo de vidrio.

Las combinaciones de la composición del vidrio son extensas, y puede estar presente casi cualquier elemento de la tabla periódica, pero muy pocas combinaciones pueden no contener silicio, boro o fósforo en cantidad considerable. Estos elementos son indispensables y se consideran como elementos formadores de vidrio. Otros óxidos que se aproximan a tener las características de elementos formadores, pero que no tienen la calidad suficiente, son los intermediarios, y aquellos que liberan la tendencia a la formación del vidrio, son los modificadores.

Los óxidos más comunes de acuerdo con la clasificación anterior, se dan en la siguiente tabla:

FORMADORES	INTERMEDIARIOS	MODIFICADORES
B2O3	Al2O	MgO
SiO2	Sb2O3	Li2O
GeO2	ZrO2	BaO
P2O5	TiO2	CaO
V2O5	PbO	SrO
As2O3	BeO	K2O

Es importante considerar que no hay diferencias apreciables entre las clases de elementos formadores, intermediarios y modificadores. Algunas veces, los elementos intermediarios pueden actuar como formadores en algunas composiciones y como modificadores en otras.

A continuación se propone otro parámetro para clasificar de forma común a los óxidos que intervienen especialmente en vidrios formados de silicio. Estos se clasifican en tres grupos:

- a) Formadores de vidrio
- b) Estabilizadores
- c) Fundentes

a) Formadores de vidrio:

Son elementos indispensables para la formación del vidrio y el óxido de silicio es el principal.

No.	DESCRIPCION	PORCENTAJE								
		SiO2	Na2O	K2O	CaO	MgO	BaO	PbO	B2O2	Al2O3
1	Vidrio de Silicio	99.5								
2	Vidrio 96% de Oxido de Silicio	96.3	0.2	0.2					2.9	0.4
3	Vidrio de Oxido de Sodio y Calcio	73.0	15.0		10.0	1.5				0.5
4	Vidrio de Oxido de Plomo y Silicio	63.0	7.6	6.0	0.3	0.2		21.0	0.2	0.6
5	Vidrio de Oxido de Boro y Silicio (Borosilicato)	80.5	3.8	0.4					28.0	1.1
6	Vidrio de Oxido de Aluminio y Silicio	57.0	1.0		5.5	12.0			4.0	20.5

TABLA 1.1 Composiciones aproximadas de los vidrios comerciales

b) Estabilizadores:

Son óxidos que dan al vidrio un alto grado de resistencia química.

Algunos de los más comunes son: CaO, MgO y BaO. Si se añade Al₂O₃, se obtiene un vidrio de alta resistencia química al ataque por el agua.

c) Fundentes:

Son óxidos del vidrio que reaccionan en el horno debido a una temperatura relativamente baja, y son aquellos que inician la incorporación de los elementos formadores y estabilizadores dentro de la hornada.

Las proporciones de los diferentes constituyentes se pueden variar con ciertos límites; si estos límites son excedidos, la formación del vidrio puede dificultarse o imposibilitarse.

1.5. TIPOS DE VIDRIO.

A continuación se exponen los diferentes tipos de vidrio usados en la industria y tecnología.

1.5.1. Vidrio de Silicio

Este tipo de vidrio puede producirse por la fusión de silicio de cuarzo comprimido en arena, sin que exista otro elemento. El silicio es difícil de fundir porque requiere de temperaturas elevadas, y porque es sumamente viscoso cuando se funde, de modo que las burbujas formadas en la fundición no se liberan de la masa fundida. Se hace rígido tan rápidamente, que las operaciones de formado de vidrio en diversas formas se ven severamente restringidas.

El vidrio de silicio se caracteriza por una alta temperatura de ablandamiento y un bajo coeficiente de expansión, que lo hace conveniente para usos especiales que involucran temperaturas altas. Este tipo de vidrio presenta cualidades altamente aislantes a la electricidad y transmisoras de la luz ultravioleta. Su costo elevado lo restringe para usos especiales.

1.5.2. Vidrio 96% de Oxido de Silicio

Este tipo de vidrio se aproxima al vidrio de silicio en muchas de sus propiedades, con variaciones en la composición química que presenta la adición de fundentes. El campo de aplicación de este tipo de vidrio es similar al del vidrio de óxido de silicio. Su temperatura de ablandamiento es menor y su coeficiente de expansión es ligeramente mayor.

Las propiedades más destacadas de este tipo de vidrio son la transmisión ultravioleta y el aislamiento eléctrico.

1.5.3. Vidrio de Oxido de Sodio y Oxido de Calcio

Este tipo de vidrio es el más común hoy en día, y fue uno de los primeros vidrios desarrollados. Se adicionan ocasionalmente óxido de sodio y algunas veces óxido de potasio, como agentes fundentes; los que reducen considerablemente la viscosidad en relación con el vidrio de silicio; la temperatura de fusión es menor, lo que permite que aumenten sus cualidades de pureza. El óxido de calcio y pequeñas cantidades de óxido de aluminio y de manganeso, aumentan la durabilidad química del vidrio.

Los usos generales de este tipo de vidrio son: botellas, hojas de vidrio para ventanas, bulbos eléctricos, y se emplea también para fines oftalmológicos y en una amplia variedad de artículos. Este tipo de vidrio, es económico en su fundición y fabricación.

1.5.4. Vidrio de Oxido de Plomo y de Oxido de Silicio.

Si se reemplaza el óxido de calcio del vidrio de sodio y calcio por óxido de plomo, se obtendrá un nuevo tipo de vidrio. El óxido de plomo actúa como agente fundente y tiende a disminuir el punto de ablandamiento del vidrio, el cual es más bajo que el del vidrio de sodio y calcio.

Este vidrio de plomo se ha empleado desde hace aproximadamente 300 años por artistas, porque presenta cualidades particulares de brillo y de fácil manejo. Se ha seguido usando con este propósito y también en la fabricación de termómetros, en partes eléctricas por sus aceptables propiedades eléctricas, para hacer anuncios luminosos de neón y para otras aplicaciones. Cuando el contenido de plomo es muy alto, se puede usar para capacitores eléctricos y para la absorción de rayos X y de otras radiaciones.

Como resultado de la carestía y del alto costo del óxido de plomo en los últimos años, ha existido una tendencia a sustituir una parte de este componente por óxido de bario en algunos vidrios.

1.5.5. Vidrio de Oxido de Boro y de Silicio (Vidrio de Borosilicato).

Además de ser un formador de vidrio, el óxido de boro, también sirve como agente fundente para el óxido de silicio. En general, el vidrio de borosilicato requiere de mayores temperaturas de fusión que el vidrio de sílice y calcio y el vidrio de plomo, y generalmente es más difícil de fabricar.

Por su bajo coeficiente de expansión, que permite a los vidrios ser usados a altas temperaturas y a resistir condiciones de choques térmicos, y también por su gran resistencia a los efectos de ácidos corrosivos, estos vidrios de borosilicato son empleados para un gran número de propósitos industriales y técnicos; entre éstos se pueden incluir los instrumentos de laboratorio, tubos industriales de vidrio, termómetros de alta temperatura, grandes espejos de telescopios, recipientes para cocinar, mirillas para calderas de vapor y partes internas de lámparas incandescentes, entre otros.

1.5.6. Vidrio de Oxido de Aluminio y Oxido de Silicio.

Este tipo de vidrio contiene 20% o más de óxido de aluminio, menor cantidad de óxido de calcio y manganeso, y algunas veces lleva óxido de boro como fundente, pero muy limitada cantidad de óxido de sodio o potasio. Son generalmente más difíciles de fundir y trabajar que los vidrios de borosilicato. Se caracterizan por una temperatura alta de ablandamiento y por un relativo coeficiente de expansión, que los hace particularmente útiles para usos que requieran altas temperaturas. Este tipo de vidrio mejora la resistencia al ataque por el agua. Los usos de este vidrio son similares a los del vidrio de borosilicato.

1.6. COLORACION EN LOS VIDRIOS.

El color en el vidrio se produce, principalmente, por la adición de óxidos metálicos. Las proporciones agregadas de éstos son pequeñas y varían en un rango de 3 a 4%, por lo general dependiendo de la concentración del color usado y del poder de entintado del colorante.

A pesar de que dichos colorantes normalmente tienen un pequeño efecto en las propiedades físicas sobre la base del vidrio, algunas veces es necesario ajustar o modificar ésta última, para que sea posible obtener un color particular. El efecto del colorante se produce en una de las siguientes tres formas:

1.6.1. Solución

En este caso los óxidos de metal disueltos en los vidrios absorben las radiaciones de ciertos rangos de la longitud de onda característica del óxido usado. Así, el níquel produce color morado; el cobalto, azul; el cromo, verde; el uranio, amarillo verdoso, y el hierro, azul verdoso. Además, el hierro absorbe la longitud de onda en el rango infrarrojo, por lo que estos vidrios de hierro son algunas veces empleados para la absorción de radiaciones de calor.

1.6.2. Partículas coloidales

Los colores se producen también por partículas coloidales suspendidas en el vidrio. Este efecto lo causa la expansión de la radiación de la luz y el color que resulta es determinado por el tamaño y la concentración de dichas partículas. Estos vidrios son comúnmente recalentados para desarrollar el color completo de los mismos. La coloración es sensible a la temperatura y al tiempo del ciclo de recalentado.

Los colores rojos, ya sean producidos por el oro, cobre o selenio, son coloidales. En los colores rubí del oro y del cobre, las partículas consisten en cristales de metal pequeños, y es éste también el caso del amarillo producido por la plata. Los rojos más claros, que son utilizados como lentes de color o filtros en las luces de las carreteras, vías de tren y en las pistas de aterrizaje en los aeropuertos, se producen empleando selenio. El colorante está compuesto de sulfuros de selenio y cadmio, en solución sólida.

1.6.3. Partículas Microscópicas

Las partículas no metálicas incoloras y cristalinas son usadas para producir vidrios translúcidos de un color blanco casi opaco. Estos cristales, al tener índices de refracción diferentes a los del vidrio básico, dispersan la luz dentro del cuerpo del vidrio y diseminan la luz transmitida.

A estos vidrios se les llama ópalos. La mayoría de ellos necesitan de algunos componentes como un fluoruro o un fosfato, que ocasionan que ciertas partículas se cristalicen mientras el vidrio es enfriado. Algunas veces, el desarrollo de estas partículas es sensible al tratamiento térmico. Los fluoruros se pueden agregar a la composición en concentraciones del 5 al 15%. Debido a sus cualidades decorativas, dichos vidrios se usan para utensilios de cocina, platos, jarras, recubrimientos de mesas, etc.

1.7 PROPIEDADES DEL VIDRIO.

1.7.1. Propiedades Fisicoquímicas

Se han realizado diversos esfuerzos para correlacionar el valor de las propiedades con la composición química del vidrio, basándose en datos experimentales de donde se han obtenido valores que, dependiendo del porcentaje del óxido presente en la composición del vidrio, representan los efectos o propiedades de éste. Tales métodos empíricos son relativamente satisfactorios, excepto en el caso de compuestos como son el óxido de plomo, donde la coordinación numérica depende de la variación de cada composición.

1.7.1.1. Viscosidad.

Las características de viscosidad del vidrio son importantes para estudiar el estado vitreo, desde el punto de vista de la manufactura. Dichas características son útiles en la determinación de la composición, que influye en las operaciones de fundición y fabricación.

La viscosidad varía continuamente del vidrio en su punto de fusión, al punto en que alcanza la menor temperatura, en la cual los ajustes estructurales son perceptibles si el vidrio se mantiene en una condición estable a través de estos cambios de temperatura.

Si el vidrio no es completamente estable, la viscosidad a una temperatura constante cambia con el tiempo, siempre tendiendo a aproximarse a su valor más alto de estabilidad.

1.7.1.2. Densidad.

La densidad del vidrio se expresa generalmente en términos de gramos por centímetro cúbico, y equivale numéricamente a la gravedad específica.

La densidad del vidrio está sujeta a variación cuando se aplica un tratamiento térmico. La densidad será mayor cuando el vidrio ha sido estabilizado prácticamente a la menor temperatura.

No.	DESCRIPCION	TEMPERATURAS °C				°C	Grm/ Cm ³	Psi
		Esti- rado	Tem- plado	Ablan- dami- ento.	Flujo	0-300 Coef. Expan.	Densi- dad	Modulo Young
1	Vidrio de Silicio	1070	1140	1667	---	5.5E-7	2.20	10E6
2	Vidrio 96% de Oxido de Silicio	820	910	1500	---	8E-7	2.18	9.7E6
3	Vidrio de Oxido de Sodio y Calcio	505	540	730	920	85E-7	2.46	10E6
4	Vidrio de Oxido de Plomo y Silicio	395	435	626	626	91E-7	2.85	9E6
5	Vidrio de Oxido de Boro y Silicio (Borosilicato)	520	565	820	1075	32E-7	2.23	9.8E6
6	Vidrio de Oxido de Aluminio y Silicio	670	715	915	1090	42E-7	2.53	12.7E6

TABLA 1.2 Propiedades Fisicas de los Vidrios Comerciales

1.7.1.3. Energía Superficial.

La energía superficial es un fenómeno que aparece en la interfase entre sólido o líquidos y sólidos, entre sólidos o líquidos y gases, y entre líquidos y líquidos ; se manifiesta formación de una nueva superficie.

La tensión superficial de los vidrios se mide por lo general en el estado de fusión en contacto con el aire. Decrece lentamente cuando la temperatura aumenta, y representa una propiedad de rigidez de los vidrios.

1.7.2. Propiedades Mecánicas

Los vidrios tienen propiedades mecánicas que corresponden a las de los sólidos cristalinos. Estas propiedades se relacionan con la teoría de la elasticidad y resistencia de los metales; por ello es que el vidrio regresa a su forma original después de que se le aplican ciertas fuerzas de deformación. El vidrio no presenta características de un fluido plástico, comunes en los metales, y como consecuencia, no tiene punto de cadencia. La fractura ocurre antes de que exista una deformación permanente en el cuerpo, y la falla siempre está en tensión. El vidrio posee la propiedad de dureza, definida como la resistencia a la penetración y a al fricción.

Para los cálculos de esfuerzo, el vidrio puede ser considerado en su estructura cristalina como homogéneo (continuo en su estructura) e isotrópico (posee las mismas propiedades elásticas en todos los sentidos a través del cuerpo), u para propósitos prácticos, presenta conformidad con la teoría elástica en el punto de fractura.

1.7.2.1. Propiedades Elásticas

Las constantes elásticas de los sólidos son:

- Coeficiente elástico o módulo de Young: E
- Coeficiente de rigidez o torsión: C
- Coeficiente de masa: k
- Relación de Poisson: μ

Para los cuerpos isotrópicos, estas constantes están relacionadas en las expresiones siguientes:

$$G = E / 2 (1 + \mu)$$

$$K = E / 3 (1 - 2\mu)$$

$$k = E / 2G - 1$$

Las constantes E y G pueden determinarse: a) Por la medida de la desviación en el dobléz y de la torsión respectivamente, bajo cargas estáticas; b) por la frecuencia de resonancia de un rayo de luz en el dobléz o una varilla en torsión; c) por la velocidad longitudinal de las ondas elásticas transversales en el cuerpo.

Estos métodos corresponden a diferentes órdenes de frecuencia, los cuales determinan los coeficientes, representados en condiciones diabáticas e isotrópicas.

Para la mayoría de los vidrios, los coeficientes elásticos disminuyen cuando la temperatura aumenta.

Si aplicamos una determinada carga sobre una muestra de vidrio, la desviación aumentará ligeramente con el tiempo después de la aplicación, pero si se remueve tal carga, la muestra de vidrio no regresa inmediatamente a su forma original.

El rango de movimiento decrece rápida y exponencialmente con el tiempo y, por otro lado, los efectos elásticos del vidrio aumentan en forma proporcional al aumento de temperatura.

Los coeficientes de rigidez pueden determinarse directamente por pruebas experimentales, o pueden calcularse mediante valores de los coeficientes elásticos y la constante de Poisson, que es la relación entre la deformación en el sentido transversal y la deformación en el sentido longitudinal, cuando existe un cambio de área de la sección transversal. Para la mayoría de los vidrios comerciales, la constante de Poisson a una temperatura ambiente, se encuentra entre 0.20 y 0.25, con la excepción del vidrio de silicio y del vidrio con 96% de silicio, en los cuales este valor se encuentra entre 0.17 y 0.18. En una composición especial, esta constante puede extender su valor por encima de los valores dichos anteriormente.

No.	DESCRIPCION	METODO ULTRASONIDO			METODO DE RESONANCIA		
		E	G	μ	E	G	μ
1	Vidrio de Silicio	10.5	4.50	0.17	10.5	4.5	0.17
2	Vidrio 96% de Oxido de Silicio	9.6	4.10	0.18	9.5	4.1	0.16
3	Vidrio de Oxido de Sodio y Calcio	10.5	4.35	0.21	10.5	4.3	0.21
4	Vidrio de Oxido de Plomo y Silicio	8.3	3.35	0.23	7.8	3.2	0.20
5	Vidrio de Oxido de Boro y Silicio (Borosilicato)	9.2	3.85	0.20	9.0	3.7	0.22
6	Vidrio de Oxido de Aluminio y Silicio	12.4	4.26	0.22	11.6	4.8	0.20

TABLA 1.3 Constantes Elasticas de los Vidrios Comerciales a 20°C.

* E, Módulo de Young, 1×10^{-6} Psi.

G, Módulo de Rigidez 1×10^{-6} Psi.

μ , Relación de Poisson

1.7.2.2. Dureza.

Aunque los términos de "duro" y "suave" son usados en la industria del vidrio para indicar la alta y baja temperatura de ablandamiento, la dureza mecánica se ha definido de diversas formas basándose en la resistencia a la penetración local, en el rayado, en el trabajo a máquina en el desgaste o abrasión, y en la afluencia o cesión de material. La multiplicidad de definiciones y la gran variedad de instrumentos medidores de dureza, junto con la carencia de una única definición fundamental, indican que la dureza no puede ser una propiedad simple de un material, sino que comprende la resistencia a la afluencia, el endurecimiento por trabajo, la resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad y algunas otras subpropiedades.

Por lo tanto, los valores numéricos de la dureza del vidrio son empíricos y las pruebas mas empleadas para medirla son las siguientes:

- a) Prueba de dureza por rayado,
- b) Prueba de dureza por pulido o abrasión, y
- c) Prueba de dureza por penetración o indentación.

Aunque existe un grado de correlación entre los valores de dureza obtenidos en algunas pruebas, el orden de dureza de una serie de vidrios puede diferir sustancialmente de acuerdo con los diferentes métodos. Los datos de la dureza de los vidrios deben aplicarse con el suficiente cuidado para que reunan las condiciones más cercanas a las propiedades reales de dureza.

a) Prueba de dureza por rayado.

Se midió por la escala de Mohs de los minerales, la cual está dispuesta de tal manera que cada mineral raya el mineral del número inmediato inferior. En esta escala, los vidrios poseen números entre el lugar 4 1/2 ó 5 de dicha escala.

Las investigaciones indican que se pueden producir dos tipos de rayado en los vidrios, dependiendo de la carga relativa: 1. la deformación plástica del vidrio bajo carga leve, en la cual el grueso de la muesca depende en forma general de la impresión de la rajadura, y dos bajo presión, se pueden encontrar rompimientos y fisuras que se extienden desde las muescas hasta el cuerpo del vidrio algunas veces produciendo escamas en los cortes.

Minerales	Escala de Mohs	Escala de Dureza Indentación Kg/mm ²	
		Vickers	Knoop
1.0 Talco	1	47	
2.0 Yeso	2	60	32
3.0 Calcita	3	137	135
4.0 Flourita	4	175	163
4.5 Vidrio	4.7	350	260
5.0 Apatita	5	659	360
6.0 Feldespato	6	714	490
7.0 Cuarzo	7	1260	790
8.0 Topacio	8	1648	1250
9.0 Zafiro	9	2085	1655
10.0 Diamante	10	---	6950

Tabla 1.4 Comparación de Diferentes Grados de Dureza con el Vidrio

b) Prueba de dureza por pulido o abrasión.

La superficie del vidrio se fuerza contra el material abrasivo bajo presiones extremadamente altas. El contacto descubre una grieta o rayado en la superficie. Cuando esta operación se inicia sobre una superficie lisa, existe una pequeña separación de material, pero cuando la superficie se cubre con una serie de grietas interconectadas, una suave grieta remueve entonces una o más astillas de la superficie.

El rango de separación volumétrica de una unidad de área de vidrio bajo condiciones estándares de pulido, puede emplearse como una indicación de un tipo de dureza.

El valor de dureza es inversamente proporcional al del volumen del material removido por unidad de tiempo.

Otra prueba similar se basa en la penetración producida por un chorro de arena, estandarizado con respecto a la presión de aire, la lanza de la manguera, el tipo y tamaño de los granos de arena y el peso de la arena por chorro. Esta prueba se llama "impacto de dureza por fricción".

c) Prueba de penetración o prueba de la dureza de indentación o huella.

La resistencia a la penetración localizada se emplea en gran medida industrialmente, como una medida indirecta de la dureza, y como indicador de otras propiedades deseadas en un proceso de fabricación. la prueba de huella o indentación es esencialmente no destructiva.

Bajo condiciones ordinarias el vidrio no se considera como un material dúctil, pero se ha sugerido que la dureza, determinada mediante una indentación producida por la penetración de una pequeña pirámide de diamante, representa el punto de ductilidad del vidrio.

Comúnmente se emplean dos formas de indentación para el muestreo de dureza: la dureza Vickers o pirámide de diamante y el indentador de Knoop.

La pirámide de diamante posee una forma con base cuadrangular y un ángulo entre caras de 136 grados, y el Indentador de Knoop, una forma rómbica con ángulos entre caras adyacentes de 170 grados y 130 grados. Para ambos casos, el área de impresión se mide por la dimensión de la indentación y la longitud de la impresión. La dureza Vickers se expresa como la carga por el área de contacto de la impresión. La dureza Knoop se define como la carga dividida por el área proyectada.

1.7.2.3. Esfuerzo.

El cada vez mayor uso del vidrio como un material estructural, enfatiza la importancia de su línea de acción bajo esfuerzo y sus condiciones referentes a las fallas.

Las propiedades del vidrio bajo esfuerzos, difieren apreciablemente de los metales. Las fallas en los vidrios ocurren en forma abrupta sin que se llegue previamente a su punto de cadencia, o bien, bajo una deformación permanente; por lo tanto se dice que el vidrio es un material frágil.

Recientemente, los tecnólogos de vidrio han hecho experimentos para correlacionar la medida de los esfuerzos con la composición química de este material. Las fracturas que se presentan en el vidrio se originan en pequeñas imperfecciones o fallas, y la gran mayoría se encuentra sobre la superficie. Por las propiedades particulares del vidrio, una magulladura por un contacto accidental con cualquier cuerpo duro, puede producir sobre la superficie del vidrio pequeñas grietas o resquebrajaduras, las cuales, a pesar de ser muchas de ellas invisibles o microscópicas, pueden causar una concentración de tensión, que puede sobrepasar la tensión nominal en el mismo punto. En el caso de los metales con algún grado de ductilidad, la concentración alta de tensiones tiende a equilibrarse antes de que ocurran las fallas. Para el vidrio no dúctil, no han alivio de tensión y la fractura resulta de la propagación de una de las grietas o resquebrajaduras.

En el caso de la "fatiga" del vidrio, ésta se asocia a una larga permanencia de vapor de agua en el medio ambiente; dicho fenómeno se presenta principalmente en los vidrios que poseen un contenido bajo de óxido de aluminio, y es conocido como "weathering".

CAPITULO II

PROCESOS DE CORTE DE VIDRIO

CAPITULO II

PROCESOS DE CORTE DE VIDRIO

En cualquier trabajo que involucre al vidrio, éste deberá ser sometido a un proceso final (corte, pulido, etc). En el presente capítulo nos avocaremos a la operación de corte con algunos de sus procesos más comunes.

Por norma general, en la mayoría de las operaciones de corte, no sólo del vidrio sino de cualquier otro material que sea sometido a un proceso de corte, existirá un desprendimiento de material generado por la fricción entre el material a cortar y el material cortante.

Existen diversas clasificaciones para los procesos de corte; sin embargo, de acuerdo con los objetivos de este trabajo, manejaremos una que distingue dos modalidades: proceso de corte en frío y proceso de corte en caliente.

2.1. CORTE EN FRIO.

2.1.1. Corte por Rayado

Por las propiedades particulares del vidrio, si éste es sometido a un proceso de rayado producido por la rotación del tubo de vidrio mientras se le aplica una determinada presión contra una punta de acero, carburo de tungsteno, diamante, o un trozo de piedra abrasiva. el vidrio se desprenderá donde se haya aplicado la rajadura.

La operación se realiza tomando la pieza de vidrio entre ambas manos y colocando los dedos pulgares por la parte posterior donde ha sido producido el rayado; y si le aplicamos una fuerza mecánica manual por la parte posterior y hacia afuera, produciremos la separación en dos partes de la pieza. Si antes de producir el desprendimiento la marca producida por el rayado es humedecida con agua, ésta facilitará la separación de la pieza.

Si se analiza físicamente dicho fenómeno, podemos concluir que el vidrio por su constitución se considera un material no dúctil, y si se producen pequeñas resquebrajaduras, (invisibles o microscópicas con un material de mayor dureza, se estará causando una concentración de esfuerzos en tensión sobre este punto, que puede ser mayor que la tensión nominal.

Como mencionamos con anterioridad, el vidrio se considera un material no dúctil y por lo tanto no puede aliviar los esfuerzos en tensión. Se provocará una fractura que se propagará transversalmente con ayuda de una fuerza mecánica ocasionando el desprendimiento final en dos partes de la muestra del vidrio.

2.1.2. Proceso Húmedo de Corte

Este proceso es ampliamente utilizado en los laboratorios y líneas de producción. Se emplean discos abrasivos generalmente de carburo de silicio. El tamaño de grano puede variar de 90 a 150, aunque normalmente se utiliza grano 120.

El aserrado del vidrio siempre se hace en un medio húmedo, con un amplio enfriamiento para prevenir las grietas y astillas de la pieza mientras se está trabajando.

La mayoría de las máquinas de corte son diseñadas para discos abrasivos de 12" ó 14" de diámetro con un espesor de 1/16". El rango de velocidad recomendada para este tipo de ruedas de corte deberá ser de 5,000 a 6,500 SFM (Surface feet per minute).

Para tubos de diámetro pequeño, éstos permanecen fijos y el disco va penetrando a través del tubo hasta terminar el desprendimiento. Para diámetros mayores de 2", el tubo gira contra el movimiento de rotación del disco hasta que el corte ha sido completado.

2.1.3. Discos de Corte en Medio Seco

En este tipo de corte se utilizan principalmente discos de acero, para cortar vidrio suave (sodio y silicio) o vidrio duro (boro y silicio).

Una ligera presión con una rotación suave produce el suficiente choque térmico para dividir el vidrio. Aunque una pequeña cantidad de óxido es dejada en el punto de contacto con el disco de acero, no es suficiente para causar daño a la superficie recién desprendida.

2.2. CORTE EN CALIENTE.

2.2.1. Corte por Oxidación

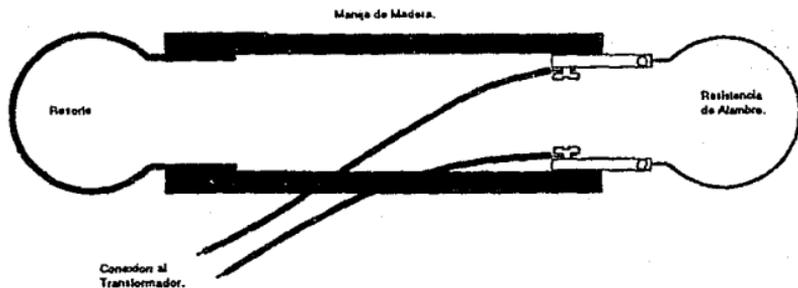
Para este caso en particular, la pieza de vidrio es sometido a un proceso de ablandamiento o ignición, producido por la elevación de la temperatura sobre el cuerpo a desprender. Este incremento de la temperatura hasta su punto de ignición es provocado por una flama de mezcla aire-gas, hasta una temperatura aproximada de 700°C para un vidrio de sodio y silicio, y de 830°C para un vidrio de borosilicato o neutro.

Al momento que el vidrio alcanza la temperatura de ignición y para desprender la pieza de vidrio, se produce una oxidación provocada por un quemador de gas-oxígeno, donde el gas actúa como carburante.

2.2.2. Corte con Arco Eléctrico.

Este proceso es utilizado para cortar o desprender tubos de diámetro ancho y pared delgada. Se produce un rayado de la misma manera que se ha descrito en el inciso 2.1.1., con la variante de que el rayado del tubo es en toda la circunferencia del mismo.

Se utiliza un alambre de cromo y níquel con una longitud de acuerdo con el diámetro de la pieza de vidrio a desprender. El alambre se calienta hasta que tiene un color rojo intenso y posteriormente se enfría mediante una remoción de la fuente de energía. Inmediatamente después, se repite la misma operación, es decir, se induce nuevamente una tensión a través del alambre hasta que alcance un color rojo intenso. Para lograr el desprendimiento de la pieza de vidrio, se le aplica una fuerza externa en el momento que es inducida la corriente por segunda vez. Este proceso se utiliza principalmente para los vidrios suaves, y en el caso de los vidrios duros, se adicionan a un medio húmedo para producir la fractura con mayor rapidez.



Cortador Eléctrico

2.2.3. Corte por Choque Térmico.

Los artículos de vidrio son sometidos frecuentemente a repentinos enfriamientos y calentamientos. Esto produce gradientes de temperatura en el material; consecuentemente los esfuerzos son producidos como un resultado de las diferentes partes del artículo de vidrio que ha sido expandido o que se ha contraído de acuerdo con las variaciones de temperatura a la que haya sido sometido el artículo. Es importante poder calcular estos esfuerzos o por lo menos tener un conocimiento de los factores que determinan su magnitud. Los esfuerzos térmicos pueden ser tan altos como la fractura en un artículo de vidrio, esto puede suceder si el gradiente de temperatura produce esfuerzos de tensión en la superficie del vidrio.

Los métodos usados para calcular los esfuerzos térmicos en la superficie del vidrio son muy sencillos de utilizar y lo vamos a demostrar mediante un ejemplo de esfera de vidrio: supongamos que tenemos la esfera de vidrio a una temperatura uniforme (T_i) y la temperatura de la superficie de la esfera es repentinamente elevada (T_o). Las capas de la superficie, si tienen libertad de hacerlo, deberán contraerse por una cantidad $\alpha (T_i - T_o)$ por unidad de longitud. Obteniéndose sobre la capa de la superficie, esfuerzos en tensión en direcciones paralelas a su plano.

Esfuerzos de tensión en la superficie es dado por la ecuación:

$$\sigma_0 = E \alpha (T_i - T_o) / (1 - \mu)$$

Para una esfera de vidrio, los valores aproximados por su composición y sus propiedades físicas son:

$$E = 0.6 * 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$$

$$\alpha = 90 * 10^{-7} \text{ C}^{-1}$$

$$\mu = 0.23$$

Así, la temperatura superficial de 100° C puede producir una superficie bajo esfuerzos de tensión de 70MN/m². Esto puede ser suficiente para producir una fractura. Los cambios en la superficie no ocurren en la práctica de manera instantánea, sólo cuando la temperatura baja repentinamente por la acción de un agente externo como puede ser agua a temperatura ambiente.

CAPITULO III
DESCIPCION DEL PROCESO DE ELABORACION DE UNA ESFERA.

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL PROCESO DE ELABORACION DE UNA ESFERA.

La elaboración de una esfera de navidad comprende varias operaciones: soplado, clavado (o colocación de las piezas sopladas sobre dispositivos de acomodo), metalizado, pintura, desclave (o desmonte de las piezas de los dispositivos de acomodo), corte de la extensión propia de la esfera (o pata), casquillaje y empaque.

A continuación, se describirá con detenimiento cada una de estas operaciones.

3.1. SOPLADO.

La materia prima básica, el vidrio, se obtiene en tubos de diferentes calibres y diámetros que van de 10 mm. a 24 mm. de diámetro exterior. Cada tubo de vidrio de diámetro específico sirve para la fabricación de una esfera de otro diámetro específico.

La maquinaria utilizada es del tipo rotatoria con dieciséis estaciones; esto quiere decir las operaciones se repiten en varias estaciones que a continuación se detallan:

a) De la estación 9 a la 16, se eleva la temperatura del tubo de vidrio hasta llegar a su temperatura de ablandamiento (o softening point). Esta temperatura varía de acuerdo con el tubo de vidrio con que se esté trabajando; por ejemplo, para un vidrio de borosilicato, la temperatura de ablandamiento es aproximadamente 827°C, mientras que para un vidrio de silicio, la temperatura de ablandamiento es de 700°C.

b) Una vez que el tubo de vidrio ha llegado a la temperatura de ablandamiento, se puede deformar y posteriormente tomar la forma del molde por medio de una inyección de aire a través del tubo de vidrio. Esto ocurre en la estación 1.

c) Ya que el trozo de vidrio ha tomado la forma del molde, en la siguiente estación se le somete a un proceso de relevado de esfuerzos, con el fin de ayudar a que la estructura molecular se restablezca nuevamente, y se reestructure su apariencia molecular. Esto ocurre en las estaciones 2 y 3.

d) La siguiente operación es desprender del tubo de vidrio el bulbo ya formado, por lo que en la estación 4 se lleva a cabo un precalentamiento sobre el lugar donde se necesita cortar, para que en la siguiente estación, el bulbo sea totalmente desprendido del resto del tubo por un proceso de oxidación (empleando una mezcla gas-oxígeno) aplicado sobre la superficie a cortar.

e) A continuación, el tubo de vidrio, por medio de un movimiento mecánico, baja a tomar la posición del trozo de vidrio moldeado, e inicia nuevamente el proceso.

3.2. CLAVADO.

Este proceso es una operación manual. En él, se colocan las piezas sopladas sobre un contenedor diseñado especialmente para soportar estas piezas formadas.

3.3. METALIZADO.

Sin lugar a dudas, éste es el método más extendido y usado en los últimos años. Con él podemos metalizar todo tipo de materiales conductores y no conductores, aventajando al electrodeposito al no tener que pulir las piezas una vez depositado el metal.

El metalizado al vacío se basa en la evaporación de metales y en su condensación sobre las superficies a recubrir. Para que la evaporación se lleve a cabo más fácilmente y los vapores viajen en una dirección conocida, se opera el sistema bajo condiciones de alto vacío.

La única limitación del método es la pequeña capa metálica depositada, que es sumamente delicada al trabajo mecánico.

3.4. PINTURA.

El color característico de una esfera de navidad de vidrio se aplica en este departamento. Los racks o dispositivos contenedores, se sumergen en unas tinas que contienen las pinturas y lacas fabricadas especialmente para el proceso. Este tipo de pintura tiene una característica especial: debe ser horneada a una temperatura aproximada de 50°C para obtener el brillo característico.

3.5. DESCLAVE.

Esta operación consiste sólo en retirar las piezas de los racks y colocarlas en contenedores de plástico.

3.6. CORTE DE LA EXTENSION.

Al inicio de la descripción del proceso se habló de una extensión propia de la esfera empleada para colocar las esferas sopladas en contenedores especiales, para un fácil manejo. Esta extensión deja de ser útil parpresentación final del producto, y es por ello que hay que removerla. El proceso que se emplea en este caso es el ya mencionado "corte de vidrio por choque térmico". En el capítulo anterior se describió dicho proceso; sin embargo, en este apartado se procederá a una descripción un poco más profunda, con el objeto de que quede claro el concepto, pues es parte fundamental en el desarrollo del presente trabajo.

La experiencia nos ha mostrado que un sistema eficiente para cortar la pata o extensión de la esfera es el hecho de calentar con un soplete de gas butano y oxígeno el área a cortar, hasta alcanzar una temperatura aproximada de 130°C (266°F). Esto, realizando una combustión adecuada, puede requerir de 0.9 a 1.1 segundos tomando en cuenta un espesor de pared de 0.350 mm (0.01378").

Una vez hecho esto, y sin dejar que la pieza se enfríe a menos de 120°C (248°F), se toca la pieza con un disco afilado de acero endurecido de sección circular y montado en rodamientos, que debe mantenerse frío (por debajo de los 15°C (59°F), esto se logra haciendo circular agua fría o a la temperatura ambiente), produciendo la fractura deseada.

Para lograr un proceso automático, productivo y eficiente, es deseable que las esferas se carguen de manera fácil en un plato rotatorio que puede conducir las a las etapas de calentamiento y corte. En tal caso se podría tener un número determinado de sujeciones para esfera en donde, por un lado, se carguen, y por el contrario, se descarguen.

La sujeción se podría lograr de manera eficaz y confiable utilizando un dispositivo de presión negativa (como un soplador de aire girando en sentido inverso), procurando guardar un diámetro de sujeción que se adapte a los diversos tamaños de esferas.

Para calentar la sección de esfera a cortar, es necesario calcular la temperatura que debe alcanzar el vidrio y por lo tanto, se debe controlar muy bien la velocidad del plato y seleccionar la boquilla de gas butano y oxígeno adecuada a esta máquina, o diseñar una propia.

Se debe tener cuidado en la selección del material del que se fabricará el disco de corte y procurar que el agua de enfriamiento conserve la temperatura deseada y sea fácilmente reciclable.

Tanto el alineador como el chute de salida, deben diseñarse con mucho cuidado para evitar que las esferas se estrellen, causando merma.

3.7. CASQUILLAJE Y EMPAQUE.

Después de que la esfera de vidrio ha sido desprendida de su extensión, el paso siguiente es proceder a gancho, que se emplea para colgarla de los árboles de Navidad. Ya encasquillada, la pieza se coloca en una base de estireno formada de acuerdo con el tamaño de la pieza y de la cantidad de piezas por caja.

La base de estireno se coloca dentro de su empaque para su presentación final. para su fácil manejo, las cajas de esferas terminadas se colocan a su vez dentro de cajas de cartón corrugado, de acuerdo con el modelo de la esfera y el tamaño y cantidad de cajas por cartón.

CAPITULO IV
DISEÑO Y CALCULOS

CAPITULO IV

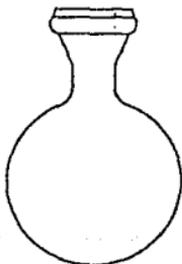
DISEÑO Y CALCULOS

Este proceso incluye lo siguiente: Definir el problema. Reconocer la necesidad y establecerla en términos generales; realizar un diseño preliminar de la máquina. Esto establece características globales amplias y permite escribir las especificaciones para los componentes principales; realizar el diseño de todos los componentes y preparar todos los dibujos necesarios y las especificaciones detalladas.

4.1. DEFINICION DEL PROBLEMA.

El objetivo del presente proyecto es el de diseñar y construir una máquina industrial de producción continua que sea capaz de sujetar con cuidado y firmeza una pieza de vidrio soplado, de geometría constante (circular generalmente), tipo esfera decorativa (véase figura 4.1.), y que corte un pedazo saliente (extensión o pata) de dicha figura usando el proceso descrito con anterioridad, llamado "corte por choque térmico".

La máquina debe ser robusta, de fácil mantenimiento, de operación semiautomática y capaz de producir (cortando la extensión o pata) 60 esferas por minuto con una merma menor al 2%.



4.2. DISEÑO PRELIMINAR.

En este diseño se trabajó sobre una base sólida de principios científicos, suplementados con información empírica que ha sido adquirida durante más de 30 años de experiencia de técnicos Mexicanos.

Sin embargo, los dibujos y las especificaciones detalladas para el diseño completo son el registro de una multitud de decisiones, algunas de ellas grandes y otras pequeñas. Se debe entender que la ciencia sólo puede establecer límites dentro de los cuales debe tomarse una decisión, o dar una imagen estadística de los efectos de una decisión particular.

El proyectista, en los pasos finales de este proceso de diseño, es básicamente un tomador de decisiones.

4.2.1. Diseño del Esqueleto.

4.2.1.1. Sujeción de la Esfera.

Los diámetros de las esferas a manejar fluctúan entre los 38.0 mm y los 72.0 mm. Por lo tanto, la sujeción debe diseñarse para evitar que la esfera se pase de los límites establecidos.

La experiencia nos muestra que un buen sistema para sujetar la esfera es el vacío. Esto se logra debido al bajo peso que tienen las esferas (5.5 grs).

También debe considerarse que la sujeción debe girar sobre su propio eje para que el área de calentar sea uniforme.

4.2.1.2. Cálculo del Plato Rotatorio.

En esta fase se toman en cuenta los datos básicos de ingeniería industrial, es decir, prever una máquina productiva capaz de producir 60 esferas por minuto.

Para poder cumplir con estas especificaciones, se propone colocar doce sujeciones de esferas en el plato y girar éste a 5 rev./min., velocidad que podría asegurar (cálculo tentativo) la producción y evitar que las esferas salieran de la sujeción debido a la velocidad tangencial.

Si se colocan doce sujeciones de 38.0 mm de diámetro, se requiere un plato de:

$$38.0 \times 12 = 456 \text{ mm de diámetro}$$

Ajustando a medidas comerciales:

$$d = 457.2 \text{ mm de diámetro}$$

$$r = 228.6 \text{ mm.}$$

En este diámetro espaciaremos las sujeciones:

$$360^\circ / 12 = 30^\circ$$

Utilizaremos Acero Comercial (ASTM 1018) de 12.7 mm de espesor.

Buscando el peso por metro cuadrado de placa del manual Monterrey, tenemos que:

$$\delta = 495 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

por lo tanto:

$$V = \pi r^2 \times \text{espesor}$$

$$V = 3.1416 \times (228.6)^2 \times 12.7 = 2'085,004.8 \text{ mm}^3$$

$$W_1 = 0.0021 \text{ m}^3 \times 495 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$W_1 = 1.039 \text{ kg.}$$

Considerando que el mayor peso del plato se lleva en acero, ya que las esferas casi no pesan, es recomendable aligerar peso en el plato.

Por lo tanto, si restamos del radio del plato el diámetro de la sujeción de una esfera, obtenemos el diámetro del área que no vamos a utilizar, así:

$$r_1 = 228.6 \text{ mm} - 38 \text{ mm} = 190.6 \text{ mm}$$

Debemos considerar que del centro del plato se realizará el soporte de giro, y para el peso se recomienda una flecha de por lo menos 25.4 mm de diámetro, y entonces tenemos:

$$r_2 = 190.6 - 25.4 = 165.2 \text{ mm.}$$

Este último dato nos representa un disco de:

$$A = \pi r^2 = (3.1416) (165.2)^2 = 85,737.3 \text{ mm}^2$$

$$A = 85,737.3 \text{ mm}^2$$

superficie no utilizable y de donde podemos aligerar peso. Por lo tanto, se propone retirar seis gajos para tal efecto.

Para determinar el esfuerzo radial máximo y el esfuerzo tangencial máximo producidos en la placa de acero (razón de Poisson, $\nu = 0.3$) que gira a 5 r.p.m. tenemos:

$$r^2 = \text{radio interior} = 165.2 \text{ mm}$$

$$r^1 = \text{radio exterior} = 190.6 \text{ mm}$$

El máximo esfuerzo radial es:

$$Sr \text{ máx.} = \frac{p v^2}{k} \frac{\mu + 3}{8} \frac{r^2}{r_1} \left(1 - \frac{r^2}{r_1^2}\right)^2$$

para:

$$v = r_1 \omega = 190.6 (2\pi \times 5 / 60)$$

$$v = 100 \text{ cm / seg.}$$

$$k = 98.04 \text{ cm/seg}^2$$

$$Sr \text{ máx.} = \frac{495 (100)^2}{98.04} \frac{0.3 + 3}{8} \frac{165.2^2}{190.6}$$

$$Sr \text{ máx.} = 370.72 \text{ kg / cm}^2$$

Este esfuerzo se localiza en:

$$r = \sqrt{r_1 \times r_2} = \sqrt{165.2 \times 190.6}$$

$$r = 177.4 \text{ mm}$$

El máximo esfuerzo tangencial es:

$$St \text{ máx} = \frac{p v^2}{k} \frac{u + 3}{4} \left[1 + \frac{1-u}{u+3} \frac{r^2}{r_1}\right]^2$$

$$St \text{ máx} = \frac{495(100)^2}{98.04} \frac{0.3 + 3}{4} \left[1 + \frac{1 - 0.3}{0.3 + 3} \frac{165.2}{190.6}\right]^2$$

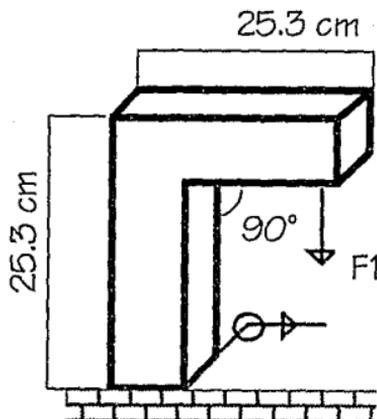
$$St \text{ máx.} = 9,847 \text{ kg/ cm}^2$$

Este esfuerzo ocurre en:

$$r = r_2 = 165.2 \text{ mm.}$$

4.2.1.3. Cálculo del Soporte de Plato.

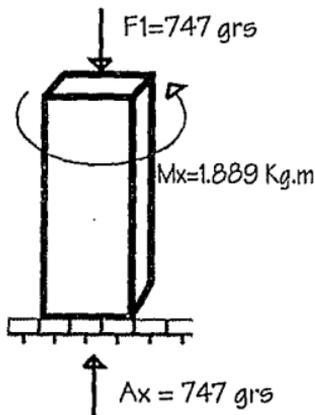
En esta sección debemos suponer un soporte en "L" como si se tratase de una viga en cantiliver que siga el siguiente esquema:



Una estructura de este tipo debe calcularse siguiendo las normas de momento torsionante que sería la causal típica de falla, (por supuesto la más probable).

El momento torsionante es un momento interno a la estructura provocado por un sistema de fuerzas que actúan sobre una barra provocando en ésta momentos alrededor de su eje longitudinal.

Podríamos entonces expresar el Diagrama de cuerpo libre de la siguiente manera:



Si al querer obtener las ecuaciones de momento torsionante efectuamos un corte en la viga y aislamos la parte superior de ésta y tomamos como consideración de signos qué momento torsionante es positivo si tiene el mismo sentido de la parte positiva del eje X, tenemos:

Para el intervalo $0 \leq x \leq 25.3$

$$\begin{array}{ccc} \text{---}> & & \text{--}> \\ (+) \text{ Mtor} = \Sigma Wx = -1889 \text{ kgm} \end{array}$$

Si se compara esta cifra con el esfuerzo admisible normal para el acero que es de 1,127 kg se comprueba que el diseño es correcto.

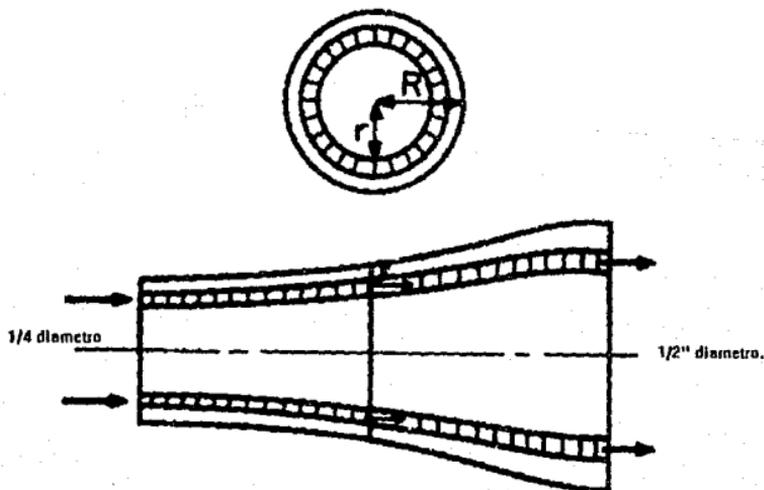
Por lo tanto se sugiere utilizar placa de acero ASTM A_36 de 1/2" de espesor para la base y acero ASTM A_284 grado D para el poste con cartabones del mismo material, todo esto ensamblado con soldadura E_-7018 a prueba de fuga de hidrostática.

Para el soporte del plato se ha elegido tubo mecánico de alta resistencia para poder maquinar los asientos de los baleros y aligerar peso. Se eligió tubo mecánico de alta resistencia SKF 214 (AISI 1518) de diámetro exterior 71 mm y diámetro interior de 56 mm, debiéndose maquinar a 69.0 mm diámetro exterior con ajuste ANSI B 4.1. (Grado 9 torneado) de 4 milésimas de pulgada

4.2.1.4. Cálculo de la Boquilla del Quemador.

Como mencionamos anteriormente, la mezcla de gas butano y aire debe ser capaz de calentar el vidrio a 130°C (266°F) en menos de 1.1 segundos (para un espesor de pared en el vidrio de 0.350 mm).

Se trata pues, de un problema de flujo a través de tuberías convergentes. Si tomamos como premisa que los diámetros estándares para las conexiones de tanques de gas butano son de 1/2" (12.2 mm) de diámetro, entonces tenemos:



Entonces, de la ecuación general de calor tenemos que el calor absorbido por un fluido en movimiento entre las secciones A_1 y A_2 es:

$$Q = mC_p \Delta T$$

siendo

m = Masa

C_p = Calor Específico

ΔT = Diferencia de Temperaturas

y para la mezcla gas butano-aire:

$$C_p = 0.47$$

$$T_1 = 130^\circ\text{C}$$

$$m = 13.7 \text{ grs.}$$

$$A_1 = 12.2 \text{ mm}$$

$$m = 0.53 C_p \frac{A_2}{\sqrt{T_1}}$$

$$A_2 = \frac{\sqrt{T_1} m}{0.53 C_p}$$

$$A_2 = 6.29 \text{ mm} \quad \sim 1/4''$$

y seleccionamos una boquilla para calentar oxígeno-butano marca Silver Star de 1/4".

Como requerimos que alcance esta temperatura en menos de 1.1. seg., se diseñó un quemador fabricado de tubo de cobre de 1/4" (6.3 mm) de diámetro con una longitud que permita calentar 1.1 seg a 5.0 rev/min., y esto es:

$$\text{Perímetro} = \pi d$$

$$d = 437.2 \text{ mm}$$

$$P = \pi(437.2)$$

$$P = 1,374 \text{ mm}$$

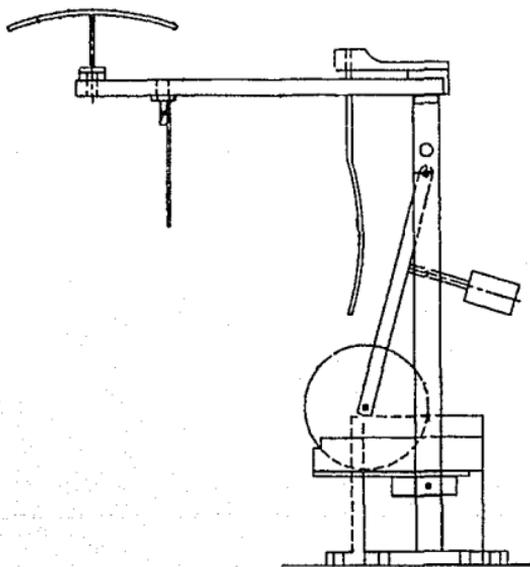
Longitud lineal recorrida (5 rpm) x (1,374 mm) = 6,870 mm/min

Longitud mínima para alcanzar 130°C = 6,870 mm x 0.0167 min
en 1.1 seg.

$$L = 114.5 \sim 115.0 \text{ mm}$$

4.2.1.5. Cálculo del Soporte de la Boquilla.

Para localizar la boquilla se seleccionó la parte derecha del plato, ya que visto de frente, la alimentación de esferas con pata se haría por el lado izquierdo (en las posiciones 2, 3, 4 y 5), el alineador las centraría en las posiciones 6, 7 y 8. Posteriormente en las posiciones 9 y 10 se elevaría la temperatura hasta 130°C para que en la posición 11 en aproximadamente 122°C, el disco de corte humedecido con agua a 15C efectuará el corte por choque térmico. Finalmente, un botador en la posición 12 lanzaría la esfera y la merma a un chute de descarga.



Donde:

W1 = peso del alineador = 95 grs.

W2 = Peso de la barrera contrafuego = 330 grs.

W3 = Peso del quemador = 250 grs.

M1 = Momento de torsión del quemador = 750 grs.

Fx = Reacción en x del disco de corte = $W4 \sin 30^\circ = 125$ grs.

Fy = Reacción en y del disco de corte = $W4 \cos 30^\circ = 216.5$ grs.

Resolviendo las ecuaciones de equilibrio tenemos que:

$$\underline{F_x} = 0$$

$$\underline{F_y} = 0$$

Por lo tanto:

$$1. \quad 125 \text{ grs} * (25\text{cm}) = 0$$

$$2. \quad 95 \text{ grs} * (25 \text{ cm}) + 330 \text{ grs} * (17 \text{ cm}) + 250 \text{ grs} * (7\text{cm}) + 750 \text{ grs.cm} = 0$$

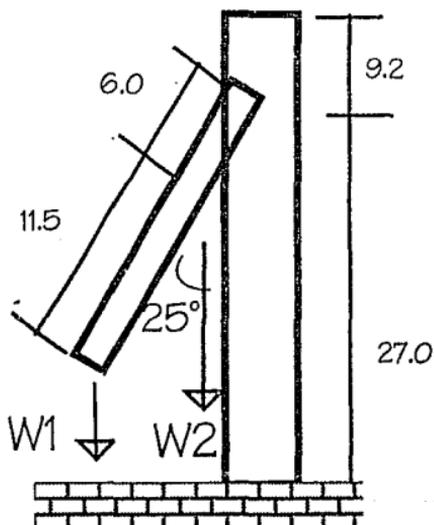
4.2.1.6. Cálculo del Disco de Corte.

Las consideraciones que se deben tener para el diseño preliminar son: El disco debe resistir las variaciones de temperatura ($\Delta T \pm 100^\circ\text{C}$) y la corrosión de agua con impurezas. Además debe girar libremente sobre su eje.

Por tal motivo se seleccionó un acero inoxidable a 151 304 de $3 \frac{1}{2}$ " \varnothing x $\frac{1}{8}$ " de espesor y afilado en los extremos para concentrar la carga en un punto. De las tablas obtenemos un peso aproximado de 120 grs.

4.2.1.7. Cálculo de Balancín.

Como deseamos utilizar el mismo elemento de soporte del quemador, debemos considerar que un punto del disco de corte toque tangencialmente el extremo o pata que se desea cortar. Debido a esto, debemos hacer que el centro de la sujeción coincida con el centro del disco. De esta manera obtenemos el siguiente D.C.L.



Para conocer el peso del balancín y la distancia a la que se debe colocar en la barra, necesitamos resolver las ecuaciones de equilibrio, en donde:

se debe colocar en la barra, necesitamos resolver las ecuaciones de equilibrio, en donde:

W_1 = peso del disco de corte = 500 grs.

W_2 = peso del balancín.

$\Sigma M = 0$

$$(120 \text{ grs.}) \cos 65^\circ (16.5 \text{ cm}) + W_2 \cos 65^\circ (6 \text{ cm}) = 0$$

$$W_2 = \frac{837 \text{ grs/cm.}}{2.535 \text{ cm.}}$$

$$W_2 = 330 \text{ grs.}$$

Finalmente, para lograr una buena rotación en el disco, se seleccionó un par de rodamientos rígidos de una hilera de bolas obturado con placas para impedir el paso de polvo y agua a su interior tipo 626-ZZ de SKF de 6 mm de diámetro interior, a velocidad máxima permitida de 25000 rpm.

4.2.3.8 Cálculo de Recipiente de Agua.

Se debe tomar en cuenta que no requiere agua de recirculación y por lo tanto, con una charola de acero inoxidable resistente a la corrosión y de las medidas del disco de corte es suficiente.

4.2.4. Diseño de la Transmisión.

Para seleccionar una transmisión debemos considerar los 3 tipos que podemos seleccionar:

- a) Por bandas.
- b) Por cadenas.
- c) Por engranes.

El manejo de cadenas puede considerarse como la decisión intermedia entre las bandas y los engranes. Las cadenas son

utilizadas cuando se requiere una transmisión positivo, pero su acción es tal que no puede ser usada cuando se requiere precisión (las cadenas se pueden deslizar). Las cadenas son adecuadas para distancias largas o cortas entre centros de transmisión y dan un paso más compacto del que dan las bandas. La alineación de las flechas debe ser más precisa que cuando se usan bandas, mientras que la distancia entre centros no es tan crítica como en los engranes. Tanto los engranes como las cadenas requieren de una buena lubricación para un factor satisfactorio de vida de servicio.

4.2.4.1. Cálculo de las Catarinas.

En este caso es importante señalar la dependencia y por lo tanto las limitaciones que producen los dimensionamientos estructurales antes propuestos para esta particular máquina.

Es decir, ahora partiremos de los datos conocidos en nuestro diseño para proponer una transmisión eficiente y silenciosa.

El primer dato que tomaremos como base es el hecho de utilizar los pasos más comerciales en cadenas de rodillos; es decir, el número 35 y el número 40 (Estos números significan el tratamiento térmico resistente al desgaste que en la escala de dureza Rockwell C se les da a las cadenas y catarinas).

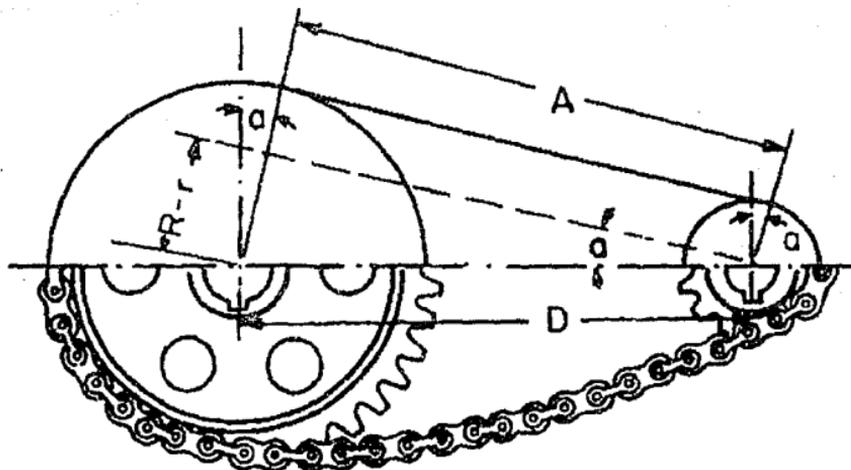
Como las velocidades a trabajar dependen de las 1750 rpm del motor, estamos hablando de utilizar catarinas dentro del rango de 10 a 24 dientes (ver recomendaciones del fabricante); por eso tenemos que:

- a) Cálculo de la longitud de la cadena.

Siguiendo el esquema que se muestra a continuación tenemos que:

a) Cálculo de la longitud de la cadena.

Siguiendo el esquema que se muestra a continuación tenemos que:



Donde:

L = longitud de la cadena en plg.

P = paso de la cadena en plg.

D = distancia entre ejes en plg.

N y n = número de dientes rueda grandes y pequeña.

La longitud de la cadena debe determinarse en función del número de pasos. Es preferible tener un número par de éstos. la longitud aproximada puede obtenerse por la siguiente ecuación.

La longitud de la cadena debe determinarse en función del número de pasos. Es preferible tener un número par de éstos. la longitud aproximada puede obtenerse por la siguiente ecuación.

$$L = \frac{2D}{p} + \frac{N1 + N2}{2} + \frac{(N2 - N1)^2}{4\pi (D/P)}$$

$$L = \frac{(2D)}{p} + \frac{N1 + N2}{2} + \frac{(N2-N1)^2}{4\pi (D/P)}$$

$$L = \frac{(2 (16.10))}{(0.322)} + \frac{(12 + 12)}{2} + \frac{(12 - 12)^2}{4\pi(40.9)/0.139}$$

L = 112 Dientes.

El valor p es tomado de tablas, igual a 0.322; para una velocidad máxima de 50 r.p.m. para una cadena de rodillos, paso 40.

b) Cálculo de la longitud de la cadena B

Será determinada utilizando el mismo criterio, es decir, en función del paso de la Cadena, prefiriendo que la cantidad de pasos sea par, la longitud aproximada puede obtenerse utilizando la ecuación:

$$\frac{L}{p} = \frac{2p}{p} + \frac{N1 + N2}{2} + \frac{(N2-N1)^2}{4\pi (D/P)}$$

$$\frac{L}{0.139} = \frac{2(9.3)}{0.139} + \frac{(20 + 20)}{2} + \frac{(20 - 20)^2}{4\pi(D/P)}$$

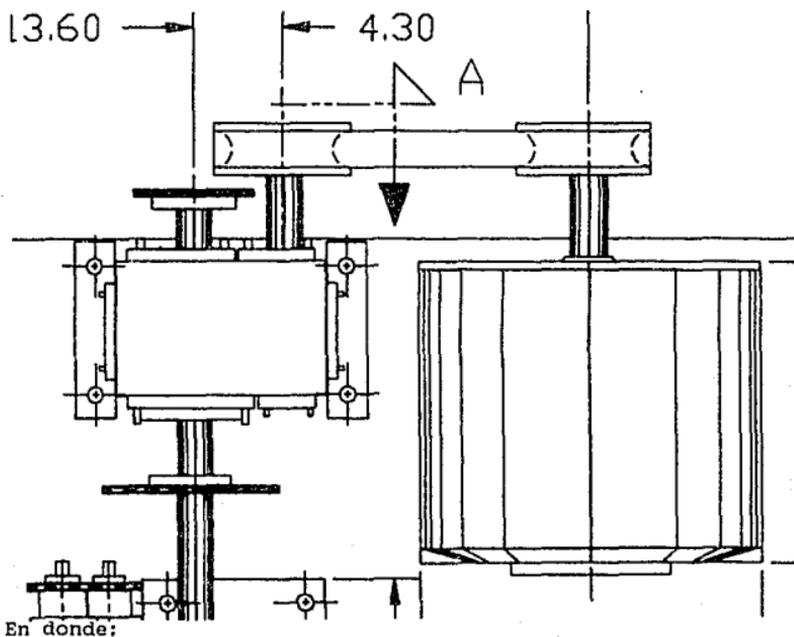
L = 153 Dientes.

El valor p es tomado de tablas, igual a 0.139 para una velocidad máxima de 50 r.p.m. y una cadena de rodillos, paso 35.

4.2.2.2. Cálculo de la Potencia.

Para este cálculo se hicieron consideraciones de tipo técnico-económicas. Se seleccionó un motor de estándar NEMA tipo T o U de montaje en piso con tornillos y tuercas, ya que tienen un costo inicial bajo y es fácil de montar y alinear.

Por lo tanto se propuso una arquitectura como la siguiente:



- T = empuje de la banda -V
- R_1 = radio polea motor
- R_2 = radio polea reductor
- C = distancia entre centros

Para determinar la distancia entre centros (C) a la cual deben operar las poleas y banda en \underline{V} tenemos que:

El término T es conocido como "empuje neto de la banda" y debe estar relacionado con la potencia.

$$\text{hp} = \frac{T * V}{33,000}$$

$$T = 5,74 \text{ Lb. plg.}$$

$$T = \frac{33,000 * \text{hp}}{V}$$

En donde:

V = velocidad de la banda en r.p.m.

Considerando la selección para un motor eléctrico de 1/4 hp a 1735 r.p.m., daría una velocidad a la flecha del reductor de relación de reducción 25; tenemos que la flecha giraría a 69.4 r.p.m., por lo tanto podríamos calcular:

a) Diámetros de poleas: El motor ha sido diseñado para una velocidad de banda de 1,400 pies/min.

$$D_2 = \frac{V}{\pi \text{rpm}} = \frac{1400 * 12}{\pi * 1,735} = 3,08" \approx 3" \phi$$

$$D_3 = \frac{\text{rpm motor} * D_2}{\text{rpm reductor}} = \frac{1735 * 3}{1735} = 3" \phi$$

b) Velocidad de la banda:

$$V = \pi D_2 \text{ rpm motor}$$

$$V = \pi * 3 * 1735 = 1,362 \text{ pies/min.}$$

12

c) Longitud de la banda:

$$L = 2c + \pi \left(\frac{D_3 + D_2}{2} \right) + \frac{(D_3 - D_2)^2}{4c}$$

y

$$C = 2D_3 = 2 \times 3 = 6'' \text{ Distancia entre poleas recomendadas.}$$

Entonces

$$L = 2(6) + \pi (3 + 3) + \frac{(3 - 3)^2}{4(6)}$$

$$L = 21.42'' \quad (54.40 \text{ cm}).$$

4.2.3. Alimentación de Energía y Servicios.

4.2.3.1. Instalación de Aire con Presión Negativa.

El equipo utilizado para generar la presión negativa es un soplador de aire donde la carga y descarga de aire son invertidos generando un flujo inverso, es decir una succión.

Las características del soplador se mencionan a continuación:

H.P. = 1/2 H.P. 220 V. 60 Hz.

Gasto = 2,820 Lt./min.

Presión = 2.0 kg./cm².

La acometida del flujo inverso se realizará a través del Soporte del plato hasta un distribuidor donde a través del uso de una manguera de neopreno 1/4 será conectado cada uno de los mandriles, generando en cada uno de estos el suficiente flujo inverso (succión) y presión para que pueda sostener la esfera de vidrio que deberá ser desprendida de su extensión propia.

4.2.3.2. Instalación de Gas.

La acometida del combustible es a través de la Red de gas L. P. localizada en la planta con las siguientes características:

$$P = 0.350 \text{ Kg. cm}^2$$

$$G = 0.13 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$\phi = 1/2' \text{ ced. 40}$$

La tubería utilizada es aquella que generalmente autoriza la Secretaría de Comercio para Instalaciones de gas en las industrias con las características siguientes:

$$\phi = 1/2'' \\ \text{ced 40.}$$

4.2.3.3. Instalación de Oxígeno.

En este caso particular la acometida de oxígeno prevista por un cilindro de 8m^3 hacia la máquina es mediante una manguera especial de las siguientes características:

$$\phi = 3/8'' \\ \text{Esp.} = 1/8''$$

y el flujo de oxígeno a una presión de : 0.1 kg./cm^2 .

Debido a una Norma de Seguridad el cilindro de oxígeno deberá estar a una distancia mínima de 3 mts.asegurado a su pedestal.

4.2.3.4. Instalación de Energía Eléctrica.

Se debe considerar los siguientes factores:

A= La carga del motor.

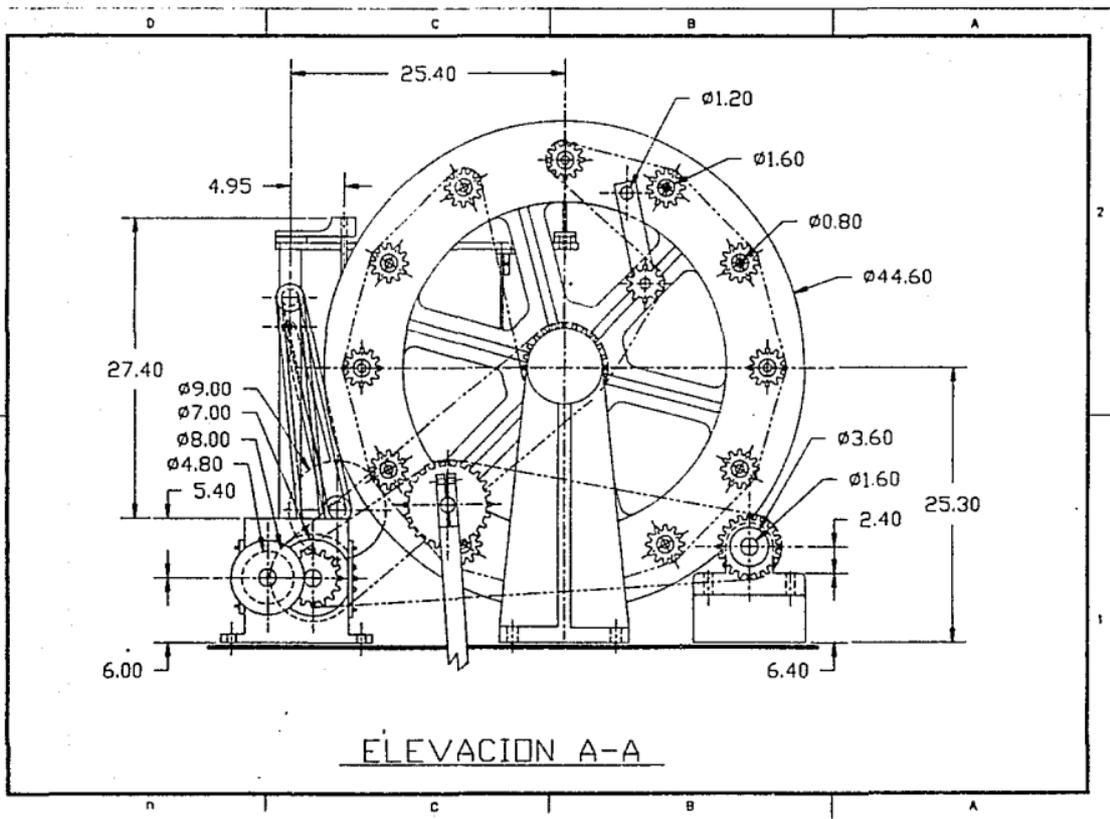
B= La carga Eléctrica del Soplador.

La Acometida de Energía Eléctrica deberá ser suficiente para soportar la carga de ambos motores.

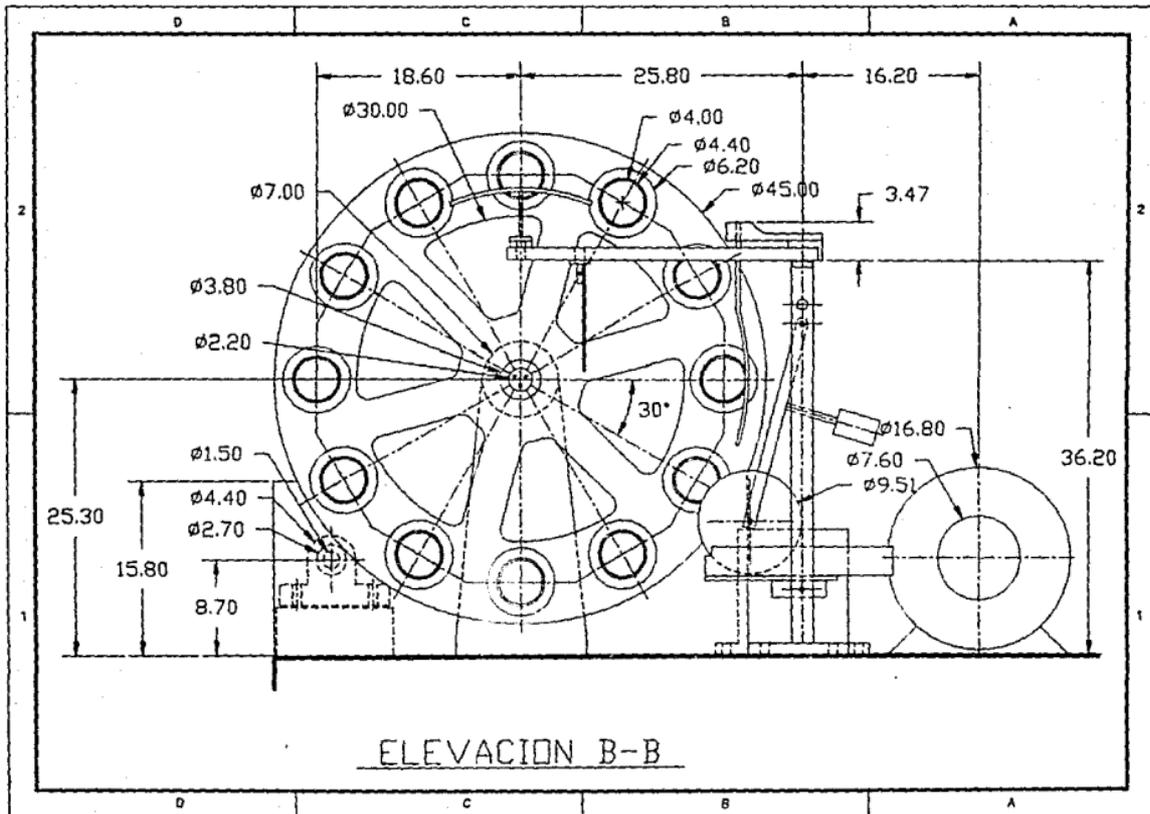
Las características de los motores son:

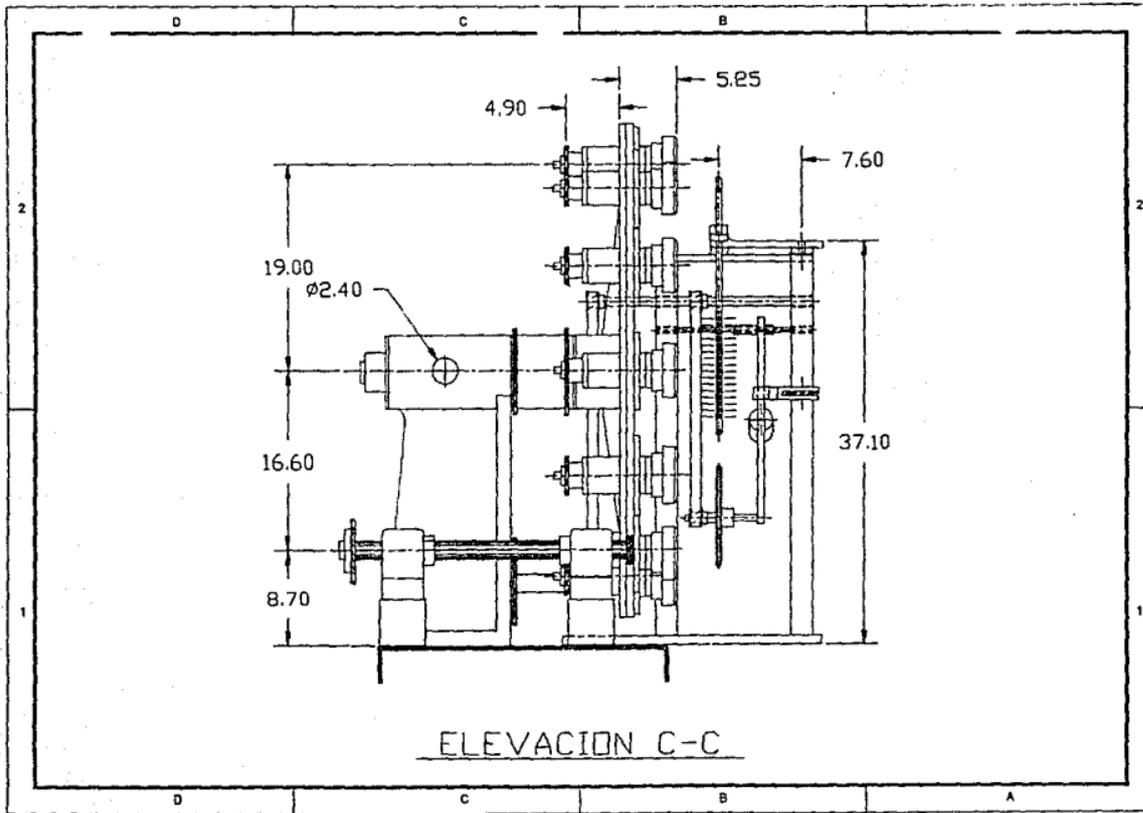
Motor Transmisión:		Motor Soplador	
Hp	= 1/4 HP.	Hp	= 1/2 HP.
Nº fases	= 3 fases	Nº fases	= 3 fases
R.P.M.	= 1,435	R.P.M.	= 1,750.
Volts	= 220 Volts, 60Hz	Volts	= 20 volts, 60 Hz

De lo que se deduce que necesitamos una carga de 15 Amp. y 220 Volts.

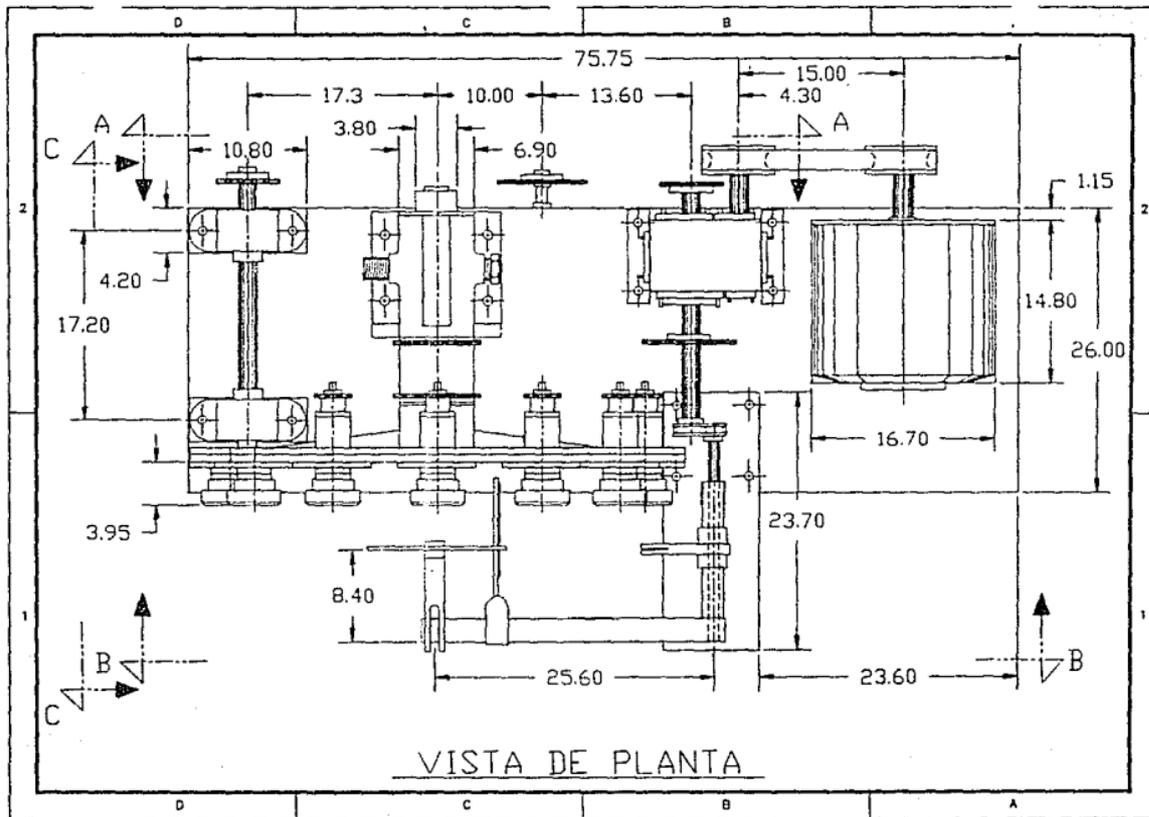


ELEVACION A-A





ELEVACION C-C



CAPITULO V

**ESTUDIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL PARA LA OPERACION DE LA
MAQUINA DE CORTE DE VIDRIO POR CHOQUE TERMICO.**

CAPITULO V

ESTUDIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL PARA LA OPERACION DE LA MAQUINA DE CORTE DE VIDRIO POR CHOQUE TERMICO.

5.1. NUMERO OPTIMO DE MAQUINAS A OPERAR POR EL OBRERO.

En este caso particular la solución a la cantidad de máquinas a operar es obvia, y el número óptimo de máquinas a operar es de una máquina por obrero.

La razón principal es que el obrero coloca manualmente en el dispositivo de succión las piezas que van a ser cortadas mediante la operación de la máquina.

Aquí encontramos que existe una relación sincrónica, es decir, que ni el obrero ni la máquina presentan tiempo de inactividad.

5.2. COSTO DE FABRICACIÓN PARA EL CORTE DE LA EXTENSIÓN (PATA) DE UNA ESFERA DE VIDRIO.

Primeramente vamos a definir las variables y establecer las condiciones.

a) Salario del obrero/ hora definido por "Ko" = \$25,000/8 hrs.

$$\text{"Ko"} = \$3,125.00/\text{hr.}$$

b) Costo de la máquina/ hora:

$$\text{"km"} = \$10,327/\text{hr.}$$

Tenemos entonces:

- Costo de mano de obra por ciclo: $Ko - (p+m)$.

- Costo de máquina por ciclo: $Km * (p+m)$.

Donde:

p = Actividades que el obrero puede realizar con la máquina parada o trabajando. Como ejemplo (cargar).

m = Tiempo condicionado por la máquina o tiempo que la máquina trabaja automáticamente.

Por lo tanto, el costo total por ciclo por la máquina será:

$$C_i = K_o - (p+m)/z + k_m. (p+m).$$

ó

$$C_i = (p+m) (K_o + k_m.) / z. \quad \text{Formula 1.}$$

Este costo es por ciclo por máquina, es decir costo por pieza.

Para definir nuestras variables p y m vamos a recurrir a la cantidad de piezas que la máquina corta de la extensión propia de las esferas de navidad.

En este caso particular las variables p y m tendrán el mismo valor, ya que la cantidad de piezas que el obrero coloca en el dispositivo de succión es igual a la cantidad de piezas que la máquina corta. La velocidad con que la máquina trabaja deberá ser considerada como estándar de producción, lo que es igual a la variable m, o sea, el tiempo condicionado por la máquina.

Por tanto:

$$p = 0$$

m = Cargar la máquina y funcionamiento Automático = 1 min.

$$z = 36 \text{ piezas/ciclo.}$$

Aplicamos la fórmula 1 y tenemos:

$$C_i = (3,125 + 10,327)$$

$$C_i = (13,452.00) / 36 \text{ Pzas.}$$

$$C_i = \$ / pieza.$$

$$C_i = 3,73 / \text{Pza.}$$

5.3. CURVA DE APRENDIZAJE.

En este inciso analizaremos el efecto del proceso de aprendizaje en los niveles de productividad, en otras palabras, analizaremos cómo la productividad se incrementa o, lo que es lo mismo, cómo el tiempo de realización de las actividades se reduce, a medida que los trabajadores adquieran una mayor práctica.

La curva que describe el proceso de aprendizaje (creciente ya que se trata de productividad) es una curva de potencia y la ecuación es:

$$Y = a X^b$$

donde:

a y b = Constantes

X = Volumen de trabajo (piezas)

Y = Productividad.

Los principales usos de la curva serán los siguientes:

a) Patrón de Aprendizaje, nos permite determinar si las personas entrenadas son de lento o rápido aprendizaje.

b) Pronostica nivel de productividad, lo que nos permite pronosticar costos, plazos de entrega, volúmenes de producción, etc.

c) Nos permite identificar cuando el proceso de aprendizaje está terminado para efectos de normación e incentivos.

La determinación de la curva de aprendizaje la vamos a determinar por el método de mínimos Cuadrados.

Los siguientes datos fueron obtenidos cuando fue entrenado un nuevo operador y la cantidad de piezas cortadas por ciclo fueron las mostradas a continuación.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
											Pzas/min.
tn	25	28	30	35	42	44	40	48	50	52	

n	mn	Log.n	Log. mn	(Log.n) ²	Log n. Log mn.
1	25	0.0	1,3479	0.0	0.0
2	26.50	0.3010	1,4232	0.0906	0.4284
3	27.66	0.4771	1.4419	0.2276	0.6879
4	29.50	0.6021	1.4698	0.3625	0.8850
5	30.60	0.6990	1.4857	0.4886	1.0385
6	32.50	0.7782	1.5120	0.6056	1.1766
7	34.88	0.9031	1.5334	0.7142	1.2959
8	34.88	0.9031	1.5426	0.8156	1.3931
9	36.33	0.9542	1.5603	0.9105	1.4888
10	37.70	1.0	1.5763	1.000	1.5763
Σ		6.5598	14.943	5.2152	9.9705

$$a = \text{antilog} \left[\frac{\Sigma (\log. n)^2 * \Sigma \text{Log mn} - [\Sigma \log n * \Sigma (\text{Log n. Log mn.})]}{n \cdot \Sigma (\text{Log n})^2 - (\Sigma \text{Log n})^2} \right]$$

$$n \cdot \Sigma (\text{Log n})^2 - (\Sigma \text{Log n})^2$$

$$b = \frac{N (\text{Log n. Log mn}) - [\Sigma \text{Log n.} * \Sigma (\text{log n. Log mn})]}{N \Sigma (\log n)^2 - (\Sigma \text{Log n})^2}$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{(5.2152) - (14.945)}{(10)(5,2152) - (6,5578)^2} - \frac{6.5598 - (9.9705)}{10} \right]$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{77.9304 - 65.4045}{52.152 - 43.0310} \right] = \text{antilog} \left[\frac{12.5259}{9.1210} \right]$$

$$a = \text{antilog} [1,3733] = 23.6213$$

$$a = 23.6213$$

$$b = \frac{(10)(9.9705) - [(6.5598)(14.443)]}{(10)(5,2152) - (6,5598)^2}$$

$$b = \frac{99.705 - 98.0231}{(52.152 - 43.0310)} = \frac{1.6819}{9.1210} = 0.1844$$

$$b = 0.1844$$

Por lo tanto la formula para la curva de aprendizaje será:

$$Y = 23.62 X^{0.1844}$$

B).- El porcentaje de aprendizaje esta dado por:

$$K = \log p / \log 2$$

$$\log p = K \cdot \log 2 = (0.1844)(0.3010)$$

$$p = \text{antilog}(0.0555)$$

$$p = 1.1238 = 12.38\%$$

$$p = 12.38\%$$

C).- La norma de producción es de 60 piezas por minuto por lo tanto es necesario conocer en que tiempo lograremos llegar a el objetivo.

$$\text{Si } Y = 60$$

$$X = ?$$

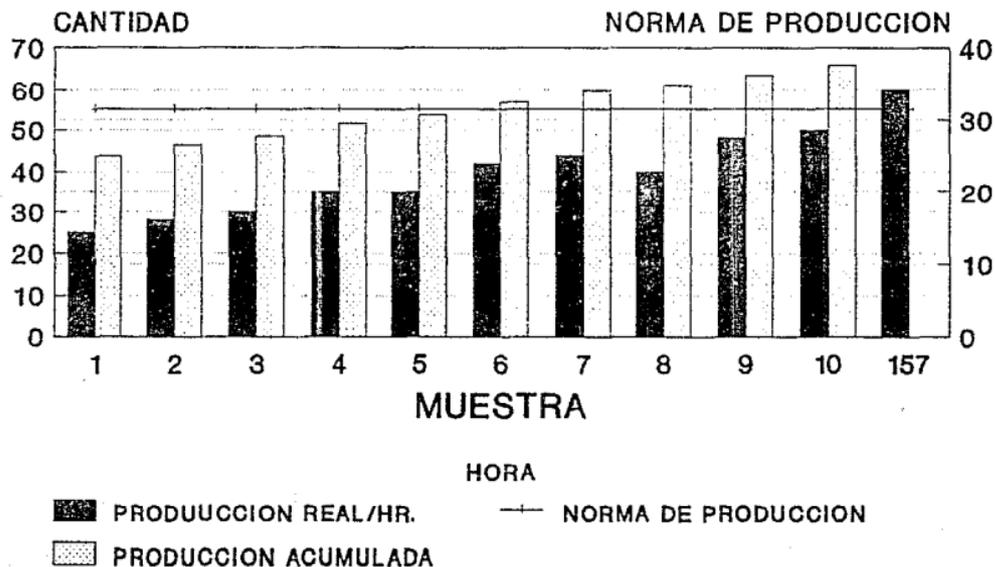
$$Y = 23.62 X^{0.1844}$$

$$60 = 23.62 X^{0.1844}$$

$$\underline{X = 156.6 \text{ Hr.}}$$

Tenemos que en la hora 157 alcanzaremos nuestra norma de producción.

CURVA DE APRENDIZAJE OPERACION DE LA MAQUINA DE CORTE



CAPITULO VI

EVALUACION ECONOMICA

CAPITULO VI

EVALUACION ECONOMICA

La complejidad de las operaciones en los negocios ha ido aumentando paulatinamente conforme a la competencia creciente en todos los campos, requiriéndose una mayor sofisticación en la administración de empresas. Esto se ha traducido entre otras cosas en la necesidad de medir con mayor exactitud la bondad de las inversiones.

La evaluación de una inversión consiste en ponderar todos aquellos factores que afecten a la inversión como tal, así como los factores limitantes y condicionantes de los beneficios arrojados por la realización de la inversión misma.

En términos generales, puede decirse que toda inversión tiene como principal objetivo el de generar utilidades, durante toda la vida útil del proyecto.

Cuando se considera la inversión requerida para un determinado proyecto, se presentan las alternativas si los fondos requeridos van a ser a través de una institución financiera o provendrán de los accionistas.

En esta evaluación que estamos realizando, consideramos que los fondos requeridos provendrán de los accionistas, por lo cual no los incluiremos en el estado de resultados, ni en el flujo de efectivo.

Un concepto muy importante dentro de la evaluación económica lo constituye la depreciación, dada la recuperación que tiene sobre flujos de efectivo, y en última instancia, sobre los resultados obtenidos al aplicar los distintos métodos de evaluación.

La vida del proyecto es uno de los conceptos más importantes dentro de una evaluación económica.

La importancia de la estimación de la vida económica del Activo, objeto de la inversión se desprende claramente del efecto que tiene directamente sobre resultados de la evaluación económica, ya sea por el período en el que se obtienen utilidades, o por la evaluación de los resultados mismos.

El riesgo involucrado en una inversión afecta directamente a la tasa de recuperación mínima deseada. Este puede definirse como el grado de incertidumbre que se tiene al momento de realizar la evaluación con respecto a la obtención de los resultados esperados. El riesgo se presenta en la utilidad a obtener, en el mercado donde se va a incurrir. Es decir en todos los renglones y conceptos; sin embargo, a pesar de su eminente presencia, su evaluación se justifica en aquellos productos que son realmente importantes y que involucran una fuerte inversión.

La evaluación económica es un análisis de la canalización de los recursos que van a ser destinados hacia los proyectos, justificando detalladamente los beneficios esperados frente a los costos de inversión y de operación, que ocasionan los mismos.

La importancia de realizar la evaluación dentro de un estudio, radica en que mediante la utilización de técnicas adecuadas de ponderación, se determina la viabilidad de los proyectos desde el punto de vista del empresario y del proyecto en sí.

6.1 INVERSION.

La inversión necesaria para la adquisición de la máquina para el corte de la extensión propia de las esferas por choque térmico, se logró obtener de acuerdo a las cotizaciones presentadas por algunas fábricas especializadas en la fabricación de maquinaria. El costo total de la inversión será de N\$25,000.00 m.n., donde los recursos para financiar este proyecto serán previstos por la dirección de recursos Financieros, pasando a formar parte de los activos de la empresa.

6.2 COSTO DE DIRECTO

Los costos de directos son la suma de costos que se aplican directamente a la producción de los artículos. Estos costos comprenden principalmente la materia prima y la mano de obra directa.

Para el cálculo del costo directo de nuestra planta, se tomaron como base las necesidades de materia prima y energía requeridas para producir 1000 piezas sopladas de vidrio. A continuación analizaremos el costo de producción considerando el proceso de corte de la extensión propia de la esfera de vidrio, utilizando los discos de carburo de tungsteno y analizaremos el proceso de corte por choque térmico con la maquinaria propuesta.

6.2.1. Proceso de Corte Tradicional.

a).-Materias Primas. Base 1000 piezas de 60 mm de diametro.

Total de Materia Prima	N\$490.20
------------------------	-----------

b).- Mano de Obra: Base 1000 piezas de 60 mm de diámetro.

Total de Mano de Obra	N\$201.35
48%de Gastos Indirectos	N\$ 96.65
Gran Total	N\$298.00/ millar
Costo Directo Total	N\$788.20/ millar

6.2.2. Proceso de Corte Propuesto.

a).- Materias Primas. Base 1000 piezas de 60 mm de diámetro.

Total de Materia Prima N\$492.49

b).-Mano de Obra: Base 1000 piezas de 60 mm de diámetro.

Total de Mano de Obra N\$157.22

48%de Gastos Indirectos N\$ 75.47

Gran Total N\$232.69/ millar

Costo Directo Total N\$725.18/ millar

Como podemos observar el costo directo de la fabricación de las esferas de navidad es más barato con el método propuesto de corte de la extensión propia de la esfera, por lo tanto el análisis de costo de producción. El estado de pérdidas y ganancias y el flujo de efectivo.

6.3 COSTOS INDIRECTOS.

1.- Depreciación.- Los costos de depreciación se calcularon por el método de la línea recta consistiendo en hacer cargos uniformes por concepto de depreciación periódica, durante el período de desvalorización.

Si hacemos

P = Costo del bien activo

F = Valor de deshecho

W = Período (en años) de desvalorización.

El cargo por depreciación, denotado D, puede expresarse como:

$$D = (P - F) W$$

En nuestro caso:

P = N\$25' 000.00

F = N\$ 2' 000.00

W = \$ 3 Años

Por lo tanto:

D = N\$7' 666.67

6.4 PROYECCION DE COSTOS DIRECTOS UTILIZANDO LAS DOS OPCIONES DE CORTE

AÑO	No. MILLARES	OPCION ANTERIOR	OPCION PROPUESTA	DIFERENCIA
1	5,835	4,599,135	4,231,396	367,738
2	5,924	4,669,284	4,295,936	373,347
3	6,386	5,033,432	4,630,967	402,464
4	6.898	5,436,989	5,002,257	434,731

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La imperativa necesidad de mantener la calidad de los productos que México exporta, y a la fuerte recesión económica mundial nos obliga a eficientar nuestros procesos y a reducir los costos de producción.

La globalización de la economía y la estacionalidad de nuestros productos nos hace buscar estrategias de mercado, que nos permitan ser más competitivos.

Una forma de buscar la competitividad en el mercado, es buscar nuevos procesos que nos permitan ser más eficientes en nuestras líneas de producción y buscar a la vez alternativas que nos permitan reducir costos de producción.

El proyecto aquí propuesto cumple con estas dos premisas:

A).- El logro de una línea de producción con mayor continuidad (rompiendo cuellos de botella que se tenían antes de desarrollar este proyecto).

B).- Un ahorro en los costos de producción de 8.7%. Este ahorro es importante cuando se forma parte de un mercado global donde el precio de venta del producto es un factor importante.

El conocimiento real del producto y la capacidad innovadora nos da como resultado el desarrollo de este sistema que nos permite mantener la calidad necesaria en el proceso de corte de la extensión propia de la esfera de navidad.

Con el diseño y puesta en marcha de este proyecto estamos obteniendo un logro parcial dentro de una gama de retos que nos depara el futuro, aquí hemos logrado obtener y mostrar los conocimientos necesarios para poder atacar el problema desde sus raíces, logrando el fin propuesto.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Pincus & Davies.
Raw Materials in the Glass Industry.
Ashlee Publishing Co. Inc.
2. Pincus & Davies.
Forming in The Glass Industry.
Ashlee Publising Co. Inc.
3. Harold Rawson.
Properties And Applications of Glass.
Department of Ceramics, Glasses and Polymers.
University of Sheffield, England.
4. Schott Glasswerke.
Schott Guide To Glass.
West Germany.
5. Chapman and Hall
Chimestry of Glasses.
Chapman and Hall Ltd. London England.
6. Stanworth J.E.
Physical Properties of Glass.
Oxford University, England.
7. **Progress in The Thoery of Physical Propierties of Glasses**
Elsivier Press Inc. Houston Tx.
8. Doyle, Keiser, Leach, Singer & Schrader
Procesos y Materiales de Manufactura Para Ingenieros.
Prentice Hall.
9. Sydney H. Avner.
Introducción a la Metalurgia Física.
Mc. Graw - Hill.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA.

10. George E. Dieter
Mechanical Metallurgy.
Mc. Graw - Hill.
11. Beer & Johnston
Mecanica de Materiles.
Mc. Graw - Hill.
12. Organizacion Internacional del Trabajo.
Introducción al Estudio del Trabajo.
Noriega Ed.
13. Benjamin W. Niebel.
Ingenieria Industrial.
Representaciones y Servicios de Ingenieria S.A.
14. Robert Canada.
**Tecnicas de Análisis Economico para Administradores e
Ingenieros.**
Diana Ed.
15. David Noel Ramirez P.
Contabilidad Administrativa.
Mc Graw - Hill.
16. Dr. Fay V. Tooley.
The Handbook of Glass Manufacture.
Ashlee Publishing Co. Inc.
17. Charles R. Kurkjian.
Strength of Inorganic Glass
Nato Conference Series
Series VI: Materials Science, Vol.11.
18. Kimble Glass Inc.
Kimble Science Products
Owens-Illinois.
19. **ASTM Standars of Glass and Glass Products.**
By ASTM Commitee C14.

20. Baumiester, Avallone & Baumiester.
Manual del Ingeniero Mecanico.
Mc Graw - Hill.

21. Dr. Roberto Holanda
Apuntes de Administración de la Producción y Operaciones.
Tecnologico de Monterrey, Campus Cd. de México.

22. Ing. Humberto Cantu Delgado.
Guia para la Elaboración de Estudios de Factibilidad.
ITESM División de Ingeniería y Arquitectura.
Departamento de Ingeniería Industrial.