

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



31² Ejen.
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANALISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD
EN UNA FABRICA DE VALVULAS DE BRONCE

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL

PRESENTA:

ROMAN PEREZ LIZARRAGA

GUADALAJARA, JAL., 1988



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

PAGINA

* INTRODUCCION	1
* CAPITULO I.- INGENIERIA DEL PRODUCTO.	
Características y Especificaciones:	
Arenas de Moldeo	4
Modelos de Fundición	11
Arenas de Corazones	16
Aleación	17
Diseño del Producto	20
* CAPITULO II.- PROCESO DE FABRICACION.	
Métodos Utilizados para Corazones	33
Método Utilizado en la Arena de Moldeo	34
Descripción del Proceso	34
Diagrama del Proceso de Flujo	38
Maquinaria y Equipo Utilizado	42
Distribución de Planta.	44
* CAPITULO III.- ANALISIS SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD ACTUAL	48
* CAPITULO IV.- DESARROLLO DE UN NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD.	
Control Estadístico de Calidad:	
Técnicas de Muestreo	52
Distribución de Frecuencias	58
Gráficos de Control	61
Control de Recepción de Material	72
Control del Proceso de Producción	77
Control del Producto Terminado	83
Laboratorio de Control de Calidad	85

	PAGINA
* CAPITULO V.- ESTUDIO ECONOMICO	90
* CONCLUSIONES	96
* BIBLIOGRAFIA	99

INTRODUCCION

Actualmente existe una creciente necesidad de que las empresas mexi-
canas tengan un índice de calidad cada vez mayor en sus productos para -
que puedan sobrevivir y prosperar, pero sin descuidar que el costo que -
esto implica sea prohibitivo para el buen rendimiento de la industria, -
sino por el contrario, tratar de disminuir al máximo los costos de pro-
ducción, ya sea que exista menos material y producto de rechazo corri-
giendo los errores a los que se incurran por medio de una apropiada re-
troalimentación. Si lo anterior no ocurre, al país se le dificultará --
cada vez más salir de esta gran crisis en que nos encontramos, al no po-
der colocar los productos en el mercado nacional y prácticamente imposi-
ble en el extranjero, ya que seremos desplazados por las empresas trans-
nacionales o por productos de importación (debido al reciente ingreso de
México al GATT), que cuentan con una primerísima calidad. Es por esta -
razón que debemos hacer nuestros productos lo más competitivos posibles-
en cuanto a calidad y costo.

En los últimos años, en nuestro país se está tomando más conciencia
de lo que implica la buena calidad, no sólo del producto, sino también -
del sistema de producción en general, pero lamentablemente las empresas-
grandes y algunas medianas son las únicas que han puesto más énfasis en-
esta cuestión, al estar implementando y aplicando sistemas de control de
calidad, teniendo como consecuencia resultados muy satisfactorios, no --
siendo así con la pequeña industria, aunque existen honrosas excepcio-
nes.

Por la anterior razón, es sumamente importante y necesario que exis-
ta un cambio y comiencen a implementar dichos sistemas desde las peque-
ñas empresas desde un punto de vista técnico y científico, así como huma-
no y no de una manera empírica o basado en la experiencia, como actual-
mente ocurre en nuestro país, porque de lo contrario no podrán continuar
con su producción por mucho tiempo y tenderán a cerrar sus puertas.

Por los puntos expuestos anteriormente, esta tesis tiene como obje-
tivo general, poder fomentar el control de calidad, principalmente en la
pequeña empresa, ya que es donde existe mayor desorientación al respecto,
esperando que aprovechen los beneficios que implica dicho control. Pero-

su objetivo específico y fundamental es la solución de un problema práctico de control de calidad existente en la empresa "Servicios Especializados de Occidente, S.A.", que se dará a conocer en el transcurso de la elaboración de esta tesis.

Este tema de tesis es desarrollado en el área de la industria metal-mecánica fabricante de válvulas de bronce de una gran variedad de tipos y tamaños. Esta empresa tiene operando más de un siglo y actualmente -- sus dos secciones principales (el Departamento de Fundición y el de Maquinado), se encuentran situadas en puntos diferentes de la ciudad. El Departamento de Fundición cuenta actualmente con 25 operarios, 3 supervisores y un Jefe de Mantenimiento, laborando en dos turnos de trabajo. El Departamento de Maquinado está operando con 42 obreros, 4 supervisores, 2 almacenistas y un Gerente, en tres turnos de trabajo.

C A P I T U L O I

INGENIERIA DEL PRODUCTO

Características y Especificaciones:

Arenas de Moldeo

Modelos de Fundición

Arenas de Corazones

Aleación

Diseño del Producto

INGENIERIA DEL PRODUCTO

Considero fundamental y de gran importancia tomar en cuenta la Ingeniería del Producto como un capítulo en particular, ya que es necesario señalar detalladamente las principales características y especificaciones, tanto de la materia prima como del producto terminado a considerar, así como su diseño, para poder desarrollar acertadamente y con bases bien fundadas un sistema de control de calidad.

Ya que la empresa donde se ha realizado el presente estudio, se fabrican una gran variedad de tipos y tamaños de válvulas, sería imposible considerar cada una de ellas porque de esta manera se perdería el objetivo fundamental de esta tesis. Por esta razón, se ha considerado los diseños más representativos.

CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES:

ARENAS DE MOLDEO.

La utilización de la mezcla de arenas para el proceso de fundición es determinante para obtener un buen vaciado, ya que con éstas se les da forma a los moldes, donde posteriormente se desarrollará el vaciado de la pieza a fabricar (más adelante se podrá observar detalladamente los procesos de fabricación para la creación de este producto).

Las arenas de moldeo están formadas predominantemente por arena sílica, que es la que proporciona la permeabilidad y refractabilidad de la arena de moldeo. Para que dicha mezcla cumpla con los requisitos principales para el moldeo, es necesario agregarle una pequeña cantidad de arcilla, así como aditivos y agua para que tenga cierto grado de humedad.

La adición de los anteriores componentes es fundamental, ya que por ejemplo, la arcilla proporciona la cohesión y resistencia necesaria para la obtención de una buena arena de moldeo. La adición de agua también resulta ser un factor determinante, ya que el grado de humedad que tengan dichas arenas es la proporción de cohesión tenida.

Considero necesario señalar algunas de las propiedades más importantes, así como sus características, del componente predominante de las arenas de moldeo, la arena sílica y éstos se ilustran respectivamente en las Tablas 1 y 2.

En la empresa estudiada, su Departamento de Fundición emplea como arcilla bentonita sódica y bentonita cálcica, y sus principales propiedades se indican en la Tabla 3. Las arcillas están constituidas por granos muy finos y esto implica que la permeabilidad de la arena se ve disminuida al aumentar la proporción de arcilla en la composición total de dicha arena de moldeo.

El último componente que nos falta por nombrar en la mezcla de arenas es un aditivo llamado Carbón Marino, y éste tiene la finalidad de crear una capa protectora entre el molde y el metal. Como consecuencia de lo expuesto anteriormente, el carbón marino hace que el reacondicionamiento de las arenas de moldeo sea casi en su totalidad, ocurriendo en nuestro caso una recuperación del 97% aproximadamente, pudiéndose volver a utilizar, en el mayor de los casos, con pequeñas adiciones de agua y carbón marino, así como de vez en cuando bentonita.

Hay que tomar en consideración que no basta con solo añadir las proporciones exactas de los anteriores componentes, sino que debe existir una excelente distribución de los aglomerantes, así como del agua y así obtener una mezcla homogénea. Si no ocurre lo anterior, algunas secciones de la mezcla no contarán con algunas de las principales características y propiedades con que deben contar las arenas de moldeo y teniendo como consecuencia un deficiente moldeo.

Para poder determinar la calidad y la conveniente mezcla de las arenas, es necesario tomar en cuenta los principales requisitos y características que tienen éstas y que se dan a continuación:

TABLA 1

PRINCIPALES PROPIEDADES DE LA ARENA SILICA	
Dureza (escala mhos)	6 - 6.5
Densidad (g/cc)	1.59 - 1.63
Expansión Térmica (pul/pul)	0.018
Reacción a alta temperatura	Acida
Punto de fusión	1710°C
Forma de grano	Redondo
Distribución de grano A.F.S.	2 a 4 Mallas
Módulo de Finura A.F.S.	27 - 120
Análisis Químico (%):	
Sílice (SiO ₂)	99.820
Oxido de MgO	0.031
Oxido de Cr (Cr ₂ O ₃)	-
Oxido de Zr (ZrO ₂)	-
Alúmina (Al ₂ O ₃)	0.049
Oxido Férrico (Fe ₂ O ₃)	0.019
Oxido de Ca (CaO)	0.006
Dióxido de Ti (TiO ₂)	0.012

TABLA 2

CARACTERISTICAS MAS IMPORTANTES DE LA ARENA SILICA

Disponibilidad	Abundante
Costo	Bajo
Estabilidad	Buena
Dilatación	Elevada 1.9%
Contracción	Elevada
Conductividad Térmica	Débil
Densidad aparente, después de aprisionada	1.54 - 1.60
Humedecido por el metal líquido	Aceptable

TABLA 3

PROPIEDADES MAS IMPORTANTES DE LAS ARCILLAS UTILIZADAS		
	BENTONITA SODICA	BENTONITA CALCICA
Dimensiones de las partículas	Pequeñas lentejuelas, presentando una inflación después de humedecida.	
Refractabilidad	Buena	Baja
Cohesión en verde	Elevada	Muy alta
Aptitud de apisonado	Moderada	Buena
Desmoldeo	Malá	Buena
Otras propiedades	Dilatación elevada	Dilatación débil

- a) Refractabilidad
- b) Permeabilidad
- c) Cohesión (Resist. al corte y compr.)
- d) Grado de humedad
- e) Granulometría
- f) Proporción de mezcla de arenas

Es importante que las arenas tengan una refractabilidad alta, para que éstas puedan resistir las altas temperaturas a las que son sometidas por la aleación fundida. La permeabilidad debe de ser muy adecuada para que los gases producidos por el vaciado puedan escapar del molde. Otra de las propiedades fundamentales es la cohesión, que permite que las partículas de arena se mantengan unidas a pesar de las grandes presiones generadas durante el vaciado. La granulometría es una característica muy importante, ya que dependiendo del tamaño del grano de las arenas son -- las propiedades mencionadas anteriormente. Los requisitos que deben tener dichas arenas se ilustran en la Tabla 4.

La composición y el grado de humedad utilizada en las arenas de moldeo en nuestra sección de fundición, está formada de la siguiente manera:

Arena sílica (tipo San Luis)	92%
Bentonita sódica	3%
Bentonita cálcica	3%
Carbón Marino	1.5 a 2%
Humedad	4 a 4.5%

TABLA 4

ESPECIFICACIONES DE ARENAS DE MOLDEO	
Permeabilidad	75%
Dureza	85 lbs.
Granulometría	80-90 Mallas
Resist. Compresión	11-14 lbs/pu ²
Resist. Corte	2.5-3.5 lbs/pu ²

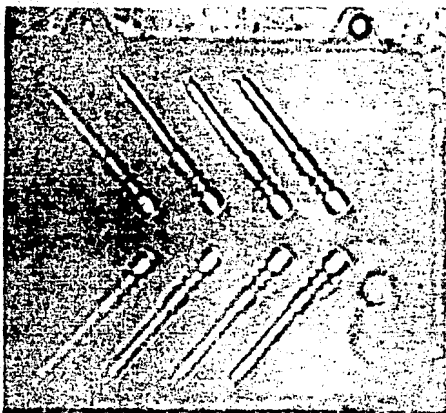
MODELOS DE FUNDICION.

Para lograr una pieza de fundición es necesario contar con modelos de dichas piezas, ya que es el patrón que le dará la forma deseada al dí seño de nuestro producto, al colocarlo en la caja de moldeo.

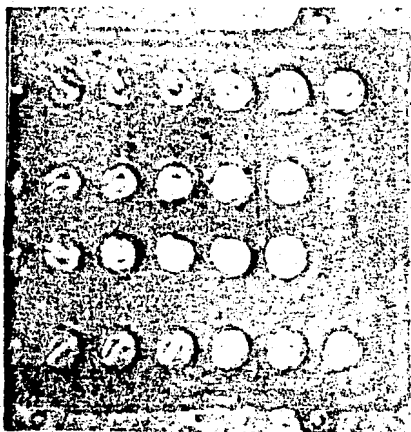
Existen diferentes tipos, entre los que se pueden mencionar como -- más importantes el modelo de una sola pieza, así como los divididos, que se utilizan en fundiciones de baja producción ó moldeado a mano y tienen la ventaja que resultan muy económicos en su fabricación. Otros muy comúnmente utilizadas son las llamadas placas-modelo, que tienen la cualidad de que se puede utilizar en producciones mayores, debido a que cada una de las placas cuenta con una serie de modelos, en esta clase se utiliza regularmente el proceso de moldeo a máquina.

En nuestro caso, los tipos usados son éstos últimos y para formar el modelo completo, se utilizan dos placas, una para cada medio modelo; en las fotografías mostradas a continuación se puede observar una de -- estas placas para varias piezas de fundición de la válvula de globo estudiada. En algunos otros diseños se llega a utilizar una sola placa-modelo para la fundición de la pieza, ya que cada medio modelo es llevado en cada cara de la placa. Los materiales utilizados para la construcción de placas son muy variados, pero los compuestos en nuestra fábrica son de plomo, bronce, aluminio, zamac y últimamente se le ha dado mucha importancia al uso del plástico denominado Araldit SW404, por la gran dureza que este tiene, así como su peso considerablemente menor con respecto a los metales mencionados.

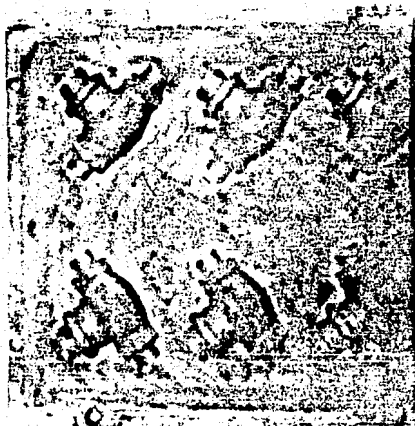
Sería imposible obtener una pieza con las dimensiones adecuadas en el caso de que el modelo fuera del mismo tamaño que la pieza, ya que todo metal sufre una leve contracción al pasar del estado líquido al sólido; es por esta razón que dicho modelo se debe fabricar con dimensiones un poco mayores para poder obtener esta tolerancia. Para el caso del --- bronce, es necesario que dicha tolerancia sea de 1/8 de pulgada por cada pie.



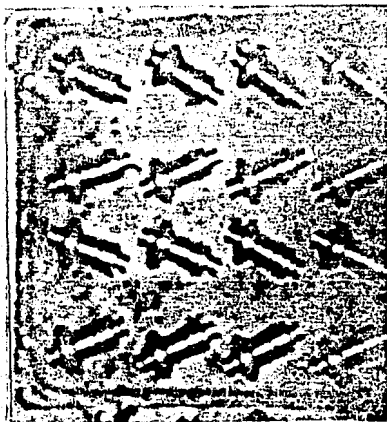
VASTAGO



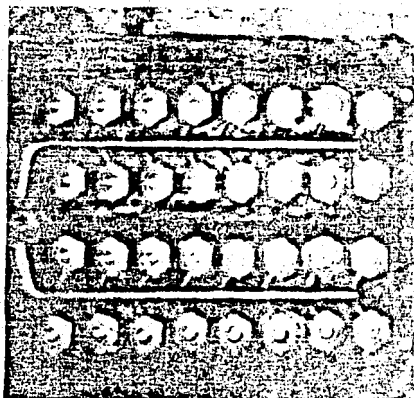
PORTA-DISCO



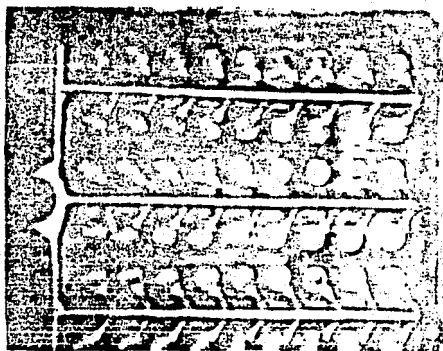
CUERPO



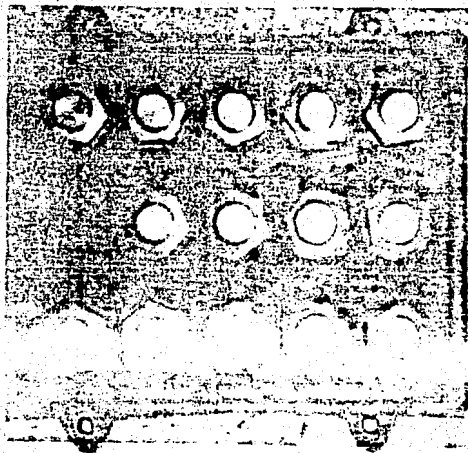
BONETE



TUERCA ESTOPERA



TUERCA DISCO



TUERCA BONETE

ARENA DE CORAZONES.

Es muy común que las piezas de fundición necesiten tener una cavidad o hueco, cosa que el modelo no lo puede proporcionar, es por esta razón que se utilizan los corazones o almas para este fin.

Existen variadas técnicas para poder obtener los corazones, como pueden ser: el proceso shell (conocido también como moldeo en cáscara); el moldeo en arena llamada comúnmente "al aceite"; moldeo por gas carbónico, entre otros. Cada uno de estos métodos serán explicados ampliamente en el siguiente capítulo.

Las proporciones de las mezclas de arenas para los diferentes procesos utilizados en la fundidora son las siguientes:

Moldeo de Corazones "Al Aceite":

Por cada 100 kgs. de arena sílica tenemos: 3 kgs. de Dextrina, 1 litro de aceite de linaza, 1 litro de petróleo y 3 litros de agua.

Proceso Shell:

Por cada 100 kgs. de arena sílica le agregamos 3 litros de istrocol y 1 litro de alcohol.

Moldeo de Corazones con Gas Carbónico:

Por cada 100 kgs. de arena sílica, se le añaden 7 litros de resina "Thor", así como la utilización de gas carbónico.

Los modelos utilizados para la fabricación de corazones son unas -- placas ó cajas. Para cada serie de modelos se utilizan dos placas, éstas son de dimensiones más pequeñas que las placas modelo que se utilizan en el moldeo; sus medidas aproximadas son de 30 cm. de largo por 15 cm. de ancho por 8 cm. de profundidad.

Es importante señalar que las arenas que forman los corazones no -- son recuperables, ya que al estar en contacto directamente el alma con el metal caliente, los componentes de la mezcla de arena pierden sus propiedades más importantes y no se restablecen ni aún añadiéndole aglutinantes.

Las máquinas corazoneras existentes en la empresa son exclusivamente para el uso del proceso Shell (que es el método utilizado para la válvula que se está considerando), ya que las otras dos técnicas que también operan se realizan los corazones manualmente. Hay que considerar -- también que comúnmente la arena utilizada por el proceso Shell se adquiere ya preparada, salvo cuando no hay en existencia se realiza la mezcla de las arenas en la misma fundidora.

ALEACION.

Se le llama aleación a la unión de dos o más metales y ésta se realiza para modificar las propiedades de los metales. Algunos de los fines que se persiguen al formar dicha aleación son aumentar su resistencia, - elasticidad, endurecimiento, que resistan a la corrosión, etc.

El material utilizado en esta empresa es la aleación de bronce, y - el principal tipo utilizado es el llamado bronce al rojo ó más comúnmente conocido como "Bronce 85-5-5-5", por estar compuesto de la siguiente manera:

Cobre	85%
Estaño	.5%
Zinc	5%
Plomo	5%

Este tipo de aleación se utiliza principalmente para los componentes más importantes de las válvulas como son básicamente, el cuerpo y el bonete. También se utiliza, aunque en menor proporción, otro tipo de -- bronce para otras partes de la válvula, que mencionaremos más adelante.

La principal aleación utilizada (85-5-5-5) en la empresa está regida por la American Society Testing Materials, mejor conocida como la norma ASTM, donde se identifica mediante la clave B62.

Las principales especificaciones dadas por dicha norma son:

Requerimientos Químicos.

Estos requerimientos están dados por las composiciones formadas por los metales nombrados anteriormente y en las proporciones ya establecidas. Estas proporciones pueden tener una tolerancia de $\pm 1\%$, además pueden tener pequeñas adiciones de otros materiales como un porcentaje máximo que se muestra a continuación:

Níquel	1.00 %
Hierro	0.30 %
Fósforo	0.05 %

Requerimientos Mecánicos.

Es muy importante tomar en consideración las principales características que debe contener ese tipo de aleación, ya que de esta manera se puede conocer con exactitud el alcance que tiene dicha aleación para poder establecer los parámetros del producto fabricado.

Los requerimientos que se establecen en estas características son:

Resistencia a la Tensión	Mín. 30000 lbs/pul ²
Resistencia a la compresión.....	Mín. 14000 lbs/pul ²
% de Elongación, en pulgadas	Mín. 20%
Dureza.....	54 (escala Brinell)
Módulo de Elasticidad	13.5×10^6 lbs/pul ²

Otro tipo de aleación utilizado en algunas ocasiones es el bronce - denominado "semi-rojo" y sus especificaciones están regidas por la norma Americana ASTM B 145 Aleación Número 5A y su composición ó requerimientos químicos están dados por las siguientes proporciones: 81% de Cobre, 3% de Estaño, 7% de Plomo y 9% de Zinc. Las tolerancias permitidas para estas especificaciones son:

	Mínima	Máxima
Cobre	78%	82%
Estaño	2.25%	3.5%
Plomo	6%	8%
Zinc	7%	10%

	Mínima	Máxima
Níquel	---	1%
Hierro	---	0.4%
Fósforo	---	0.02%

Sus requerimientos mecánicos se muestran a continuación:

Resistencia a la tensión	Mín. 29000 lbs/pul ²
Resistencia a la compresión	Mín. 13000 lbs/pul ²
% Elongación	Mín. 27%
Dureza	55 (Brinell)
Módulo de Elasticidad	10 x 10 ⁶ lbs/pul ²

Aunque esta aleación es de menor calidad que el tipo 85-5-5-5, cumple perfectamente con las especificaciones de fabricación, ya que se utiliza en componentes donde no es tan estricta la aleación utilizada, ya que por ejemplo, puede utilizarse en la creación de la tuerca estopera.

En esta empresa, las aleaciones utilizadas están compuestas básicamente de lingotes de bronce, material de desperdicio (rebabas de piezas maquinadas, desperdicio en el vaciado y rebosaderos de piezas fundidas) y material de reproceso. Las proporciones aproximadas del uso de cada uno de estos materiales para su proceso de fusión es el siguiente:

Lingote	30%
Desperdicio coladas	30%
Piezas reproceso	20%
Rebabas	20%

Actualmente la producción es alrededor de 1800 a 2100 Kgs. diariamente de fundición de bronce, siendo su punto de fusión de 900-100°C, -- existiendo un rechazo de piezas defectuosas de 10% en el Departamento de Fundición y un 15% en el Departamento de Maquinado.

DISENO DEL PRODUCTO.

El diseño del producto es un punto fundamental para este capítulo, ya que se consideran las principales características del producto terminado, así como su diseño propio.

Otra cuestión que se debe de considerar en dicho diseño son los cambios e innovaciones que son necesarios hacerles al producto para que éste no caiga en la obsolescencia, pero en el caso nuestro, las válvulas - fabricadas no han tenido grandes cambios en bastantes años, ya que se ha considerado que los diseños actuales cumplen perfectamente con los objetivos establecidos y no resulta redituable y conveniente buscar nuevos - diseños para el mejoramiento de dicho producto.

Como se señaló anteriormente, el producto que se pretende analizar en la presente tesis es la válvula de globo tipo "jenkis" de 3/4 de pulgada. Los componentes de dicha válvula se ennumeran a continuación, indicando el número de lámina donde se muestra su diseño (con excepción del volante o maneral y el empaque, ya que éstos son adquiridos por la empresa y no es necesario realizarle algún maquinado):

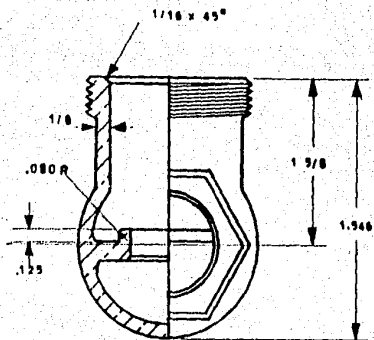
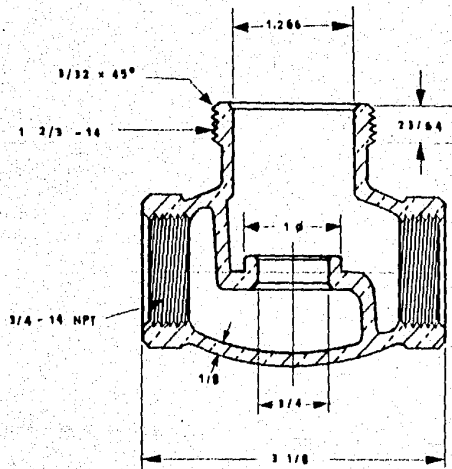
Cuerpo	(Lámina 1)
Tuerca disco	(Lámina 2)
Disco	(Lámina 3)
Porta-disco	(Lámina 4)
Vástago	(Lámina 5)
Bonete	(Lámina 6)
Tuerca Bonete	(Lámina 7)
Prensa Estopa	(Lámina 8)
Tuerca Estopera	(Lámina 9)
Tuerca Volante	(Lámina 10)
Volante ó Maneral	
Empaque	

Salvo el disco, que está compuesto por un material plástico denominado Garlo, el prensaestopa, que es de latón, y la tuerca volante que es adquirida, todos los componentes mostrados en las láminas son fundidos - dentro de la empresa.

TOLERANCIA.- Le llamamos tolerancia a la variación permitida para una especificación dada, y ésta toma por lo tanto un papel muy importante para todo sistema de control de calidad. La tolerancia permitida en nuestro caso para las piezas maquinadas tienen un rango de + 4 milésimas de pulgada, salvo se indique lo contrario en las láminas de las partes de la válvula.

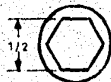
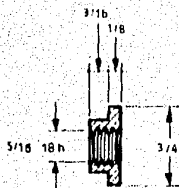
CARACTERISTICAS.- Es necesario que las válvulas cumplan con los requisitos y características establecidas para dicho producto, así como la normalización de sus dimensiones, ya que de esto depende el control de calidad. Entre las principales características de la válvula de globo tipo -jenkis tenemos:

- + Operan hasta una presión de vapor de agua (SWP) de 150 lbs/pulg².
- + Soportan presiones de agua, aceite ó gas (WOG) de hasta 300 lbs/pulg².
- + Extremos roscables (1/4 a 3 pulg.).
- + Vástago ascendente.
- + Lleva tuerca unión (tuerca bonete).
- + Disco de plástico.

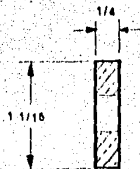


U A G
 INGENIERIA INDUSTRIAL
 CUERPO MAQUINADO
 DE $3/4''$ 150 lbs.
 TESIS PROFESIONAL
 ROMAN PEREZ LIZARRAGA

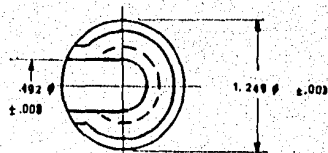
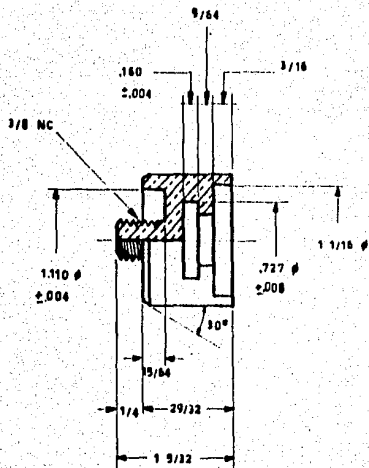
LAMINA 1 MEDIDAS: PULG. ESCALA 1:1



U A G		
INGENIERIA INDUSTRIAL		
1CA. DISCO MAQUINADO DE $3/4$ " 150 lbs.		
TESIS PROFESIONAL		
ROMAN PEREZ LIZARRAGA		
LAMINA 2	MEDIDAS: PULG.	ESCALA 1:1



U A G		
INGENIERIA INDUSTRIAL		
DISCO JENKIS MAQUINADO		
DE 3/4" 150 lbs.		
TESIS PROFESIONAL		
ROMAN PEREZ LIZARRAGA		
LAMINA 3	MEIDAS: PULG.	ESCALA 1:1

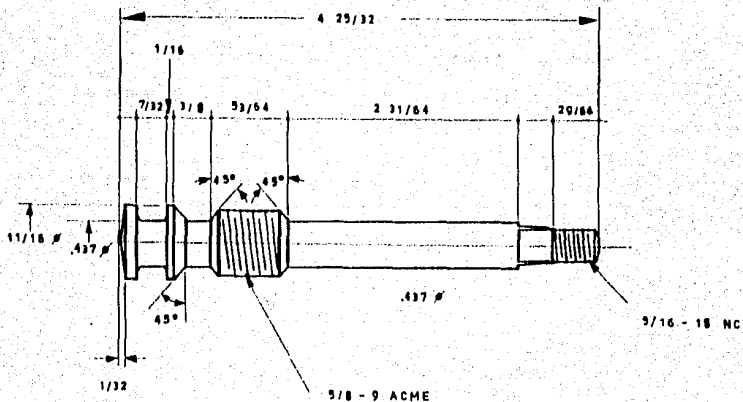


U A G
INGENIERIA INDUSTRIAL

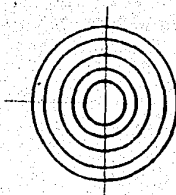
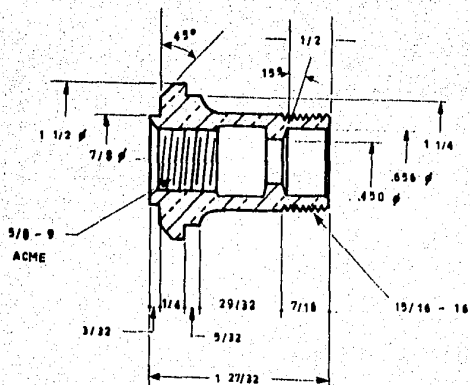
PORTADISCO MAQUINADO
 DE $3/4''$ 150 lbs.

TESIS PROFESIONAL
ROMAN PEREZ LIZARRAGA

LAMINA 6 MEDIDAS: PULG. ESCALA 1:1



U A G		
INGENIERIA INDUSTRIAL		
VASTAGO MAQUINADO DE $3/4$ " 150 lbs		
TESIS PROFESIONAL		
ROMAN PEREZ LIZARRAGA		
LAMINA 3	MEDIDAS: PULG.	ESCALA 1:1

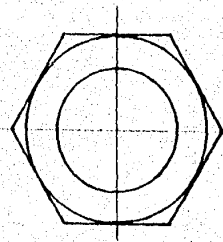
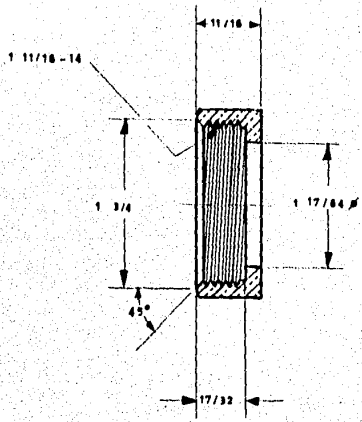


U A G
INGENIERIA INDUSTRIAL

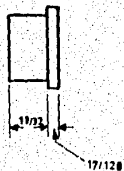
BONETE MAQUINADO
DE $3/4$ " 150 lbs

TESIS PROFESIONAL
ROMAN PEREZ LIZARRAGA

LAMINA 6 MEDIDAS: PULG. ESCALA 1:1



U A G		
INGENIERIA INDUSTRIAL		
TUERCA BONETE MAQUINADO DE 3/4" 150 lbs.		
TESIS PROFESIONAL		
ROMAN PEREZ LIZARRAGA		
LAMINA 7	MEDIDAS: PULG.	ESCALA 1:1



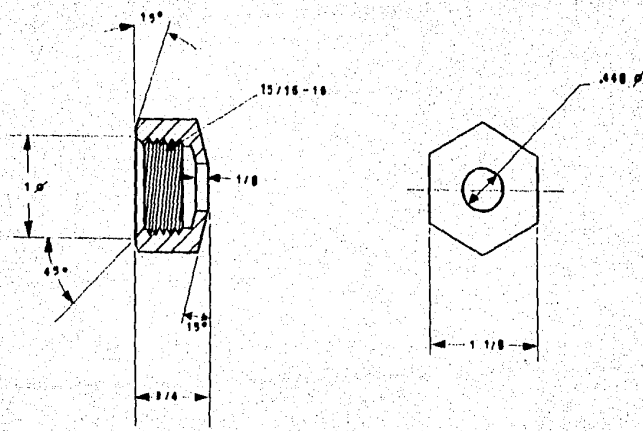
U A G
INGENIERIA INDUSTRIAL

PRESAESTOPA MAQUINADO
DE $3/4"$ 150 lbs.

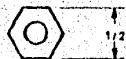
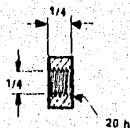
TESIS PROFESIONAL

ROMAN PEREZ LIZARRAGA

LAMINA 0 MEDIDAS: PULG. ESCALA 1:1



U A G INGENIERIA INDUSTRIAL		
TUERCA ESTOPERA DE 3/4" 150 lbs		
TESIS PROFESIONAL ROMAN PEREZ LIZARRAGA		
LAMINA 9	MEDIDAS: PULG.	ESCALA 1:1



U A G
INGENIERIA INDUSTRIAL

TCA. VOLANTE
DE $3/4"$ 150 lbs

TESIS PROFESIONAL
ROMAN PEREZ LIZARRAGA

LAMINA 10 MEDIDAS: PUL G ESCALA 1:1

C A P I T U L O I I
P R O C E S O D E F A B R I C A C I O N

Métodos utilizados para Corazones

Método utilizado en la Arena de Moldeo

Descripción del Proceso

Diagrama del Proceso de Flujo

Maquinaria y Equipo Utilizado

Distribución de Planta

PROCESO DE FABRICACION

Es necesario entender completamente el proceso de fabricación en una industria, ya que además de conocer el total funcionamiento de la empresa se puede conocer los problemas y deficiencias con que opera ésta y así poder planear la forma de cómo superarlos. Actualmente existen una gran variedad de técnicas y procedimientos para poder crear un producto, y es aquí donde el Ingeniero de Métodos tiene que ser capaz de determinar cuáles son los más convenientes, tomando en cuenta las necesidades y carencias que tiene una determinada empresa.

Considero importante este análisis de la empresa estudiada, ya que de esta manera se podrá tener un criterio más amplio para poder determinar los estándares que son necesarios para poder crear el sistema de control de calidad pretendido.

MÉTODOS UTILIZADOS PARA CORAZONES.

Las técnicas utilizadas en la sección de fundición para las piezas aquí producidas son utilizando gas carbónico, el moldeo de corazones denominado "al aceite" y el proceso Shell.

En el capítulo anterior se proporcionó las mezclas necesarias para cada uno de estos métodos y es gracias a las características que tienen dichas mezclas, que estos métodos operen eficientemente.

El procedimiento para la formación de corazones con gas carbónico se está utilizando con frecuencia actualmente; esto se debe a que dichas almas logran una gran consistencia sin necesidad de "secarlos" en estufas, ya que con sólo "inyectarle" bióxido de carbono (CO_2) las piezas se endurecen y pueden usarse inmediatamente. El proceso para la creación de almas se realiza manualmente y por esta razón este método se utiliza regularmente para piezas de grandes dimensiones, donde su producción no es tan elevada como las pequeñas.

El moldeo de corazones al aceite se puede decir que es el método tradicional; éste se realiza totalmente a mano y es necesaria la utiliza

ción de una estufa para su cocimiento, necesitando permanecer en ésta al rededor de 45 minutos para que queden listos para su uso. Este método -- también se utiliza comúnmente solo para piezas grandes.

Para la formación de corazones para piezas relativamente pequeñas, y en el caso específico para la válvula de globo considerada, se utiliza el Proceso Shell (llamado comúnmente también como moldeo en cáscara). Este método consiste en la formación de una pequeña capa ó cáscara de arena endurecida alrededor del modelo, debido a la elevación de la temperatura provocada por una máquina corazonera y obviamente, a las características de la mezcla de arena utilizada. Por esta razón, los corazones -- formados resultan ser huecos, teniendo como consecuencia que éstos son -- mucho más ligeros en comparación con los otros métodos. Otra ventaja que es digno de tomarse en cuenta es que este método resulta ser bastante rápido, gracias a la utilización de máquinas corazoneras que hacen que se puedan obtener una serie de corazones en escasos minutos.

METODO UTILIZADO EN LA ARENA DE MOLDEO.

La creación de los moldes se realiza con arena "en verde", que es -- un método muy utilizado en la industria de la fundición y tiene la particularidad de que se forma el molde con arena húmeda, es decir, que se -- crean sin necesidad de secarse dichos moldes de arena.

Para realizar el moldeo se utilizan las llamadas cajas de moldeo, -- que consisten en unos marcos de hierro gris y en una base denominada comúnmente por el operario con el nombre de "carrucha". El moldeo se realiza mediante unas máquinas "moldeadoras" que operan por presión.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

MOLDEO. -- Como se señaló anteriormente, la caja de moldeo consta de dos -- partes (la base y la tapa) y por lo tanto, se utilizan dos máquinas moldeadoras para formar cada molde.

El proceso de moldeo empieza desde que una persona se encarga de -- llevar los modelos al área de moldeo para que allí lo reciban dos opera-

rios para que las coloquen en sus respectivas máquinas moldeadoras. En la formación de la base de la caja de moldeo, el operario le agrega líquido separador a la placa-modelo para que no se adhiera la arena a ésta para después ensamblar el marco de hierro gris a dicha placa para que le dé forma a la caja de moldeo y así poder añadirle la arena, mediante el accionamiento de una palanca que abre una tolva llena de arena que se encuentra en la parte superior de la máquina moldeadora; enseguida el operario se encarga de "emparejar" la arena suministrada a la base para poder colocar la carrucha (que es propiamente la base y gracias a ella se podrá deslizar por el riel transportador), mediante ensamble con el marco para después accionar la máquina moldeadora que se encarga de apisonar la arena mediante presión para después separar la placa modelo de la base del molde creado. El operario coloca dicha base en el riel transportador y allí se revisa visualmente si el molde tiene algún defecto y se procede a sopletear dicho molde para quitarle la arena suelta.

Para la formación de la tapa de la caja de moldeo se realizan operaciones similares, salvo las siguientes variantes: a dicha tapa se le coloca un pequeño modelo para darle forma al rebosadero, así como también se le hacen pequeños agujeros que sirven como respiraderos.

Después de terminadas las operaciones de moldeo, se le colocan los corazones al molde y se ensamblan la tapa y la base para así poder llevarlo al área de vaciado mediante el riel transportador.

CARGA DEL HORNO.- El horno utilizado es del tipo crisol basculante, teniendo cada uno de ellos una capacidad de 300 a 350 Kgs. y utiliza como combustible el diesel mezclado con aire. La temperatura de fusión del bronce es de 900 a 1100°C.

La forma de lograr la fundición del bronce es la siguiente: primeramente un operario enciende el horno para el precalentamiento de éste, por espacio de 15 minutos. Mientras ocurre lo anterior, el operario extrae del almacén de materia prima el material necesario para realizar la fundición (como son: lingotes, piezas de reproceso, rebaba y mate---

rial de desperdicio de bronce) y los lleva al área de fundición mediante cacerolas. Cuando el horno ha llegado a la temperatura apropiada, se alimenta con dicho bronce y se eleva el suministro de combustible para que la flama sea más alta y así tener un fundido más apropiado para después verificar la regulación apropiada de dicho flujo de combustible; esta operación de fundido se realiza en un tiempo de 1 hr. 30 min. aproximadamente. Lograda la fusión, el operario verifica visualmente la viscosidad del bronce y extrae la escoria que éste contiene para así quedar listo para su vaciado.

CORAZONES (PROCESO SHELL).- El procedimiento utilizado es de la siguiente manera: el Operario enciende la máquina corazonera para lograr su precalentamiento teniendo que esperar un lapso de 30 minutos para lograr la temperatura deseada. Logrado esto, el Operario transporta la arena (del almacén al área de trabajo) y la coloca en una tolva de recepción con que está provista la máquina corazonera; también se lleva al mismo lugar las placas modelos para colocarlas en dichas máquinas. Después de asegurarse la sujeción de las placas y de unir éstas, se le adiciona mediante presión la arena y así lograr el llenado de los modelos para lograr después una "cáscara" de arena alrededor de dichos modelos mediante el accionar de la máquina; pero la arena que no se adhirió a dicho modelo se cae al suelo al girar la base de la corazonera, para después volverla a su posición original y aumentar la temperatura por espacio de 20 segundos para que la capa obtenga la consistencia deseada, quedando listo con esto su fabricación. Enseguida el operario separa las placas modelo y tiene que golpearlas levemente para poder extraer los corazones y éstos quedan listos para ser llevados al área de moldeo.

VACIADO.- Para realizar el vaciado, un operario se encarga de precalentar el anticrisol en un quemador para que éste no resienta las altas temperaturas. Después lleva el anticrisol al área de fusión mediante el monorriel para realizar el vaciado del bronce contenido en el horno a dicho anticrisol mediante dos operarios y uno de ellos quita la escoria de la superficie del bronce, para enseguida llevar el anticrisol al área de vaciado por medio del monorriel, donde se colocan contrapesos (que son unos lingotes de hierro) sobre los moldes para que las mitades de éstos

no se separen ya que existe una gran presión debido a los gases que provoca el bronce fundido. El operario nuevamente quita la escoria sobrante del bronce y procede a vaciar éste al molde y verifica que el llenado de dicho molde sea el adecuado. Mientras otro operario quita los contrapesos, el molde espera su enfriamiento para después llevarlo mediante el riel-transportador al área de desmoldeo. (Dicho enfriamiento se realiza en un tiempo de 25 minutos aproximadamente).

DESMOLDEO.- Para este proceso, un solo operario es el que se encarga regularmente de todo el desmoldeo, empezando por el levantamiento de la tapa del molde para poder extraer así las piezas y golpearlas con una varilla para desprender parte de la arena adherida a éstas. Después se colocan en una carretilla para trasladarlas al área de productos en proceso para que allí se corten los rebosaderos, ya sea manualmente o con una máquina cortadora, dependiendo del tipo y tamaño de la pieza; enseguida se quitan los corazones y quedan listas para realizar su limpieza.

RECUPERACION DE ARENAS.- El proceso de recuperación de arenas se inicia inmediatamente después de extraer las piezas del molde. Estos se llevan cargando por el operario a la tolva de recepción de materiales, para allí voltear la caja de moldeo y descargar la arena, para después elevar la tolva aproximadamente 5 mts. mediante una polea accionada por un motor. La arena elevada se deposita en la boquilla de una criba rotatoria que tiene una determinada inclinación y así se realiza lentamente el cernido de la arena, dando oportunidad a que se vaya enfriando así como separar la arena de los residuos de bronce, ya que éstos tienden a irse al fondo de la criba. El cernido de la arena pasa a la tolva de almacenaje y de allí al elevador de cangilones para depositarla posteriormente en una mezcladora donde un operario le agrega los aditamentos necesarios para lograr su recuperación y éstas quedan listas al llevarse mediante carretillas a las tolvas utilizadas para el moldeo.

LIMPIEZA Y PULIDO.- Después de quitar los rebosaderos y corazones el operario traslada las piezas al área de limpieza para colocarlas en la máquina limpiadora, operando ésta por espacio de 25 minutos con una carga-

de 25 kgs. Después el operario extrae las piezas de la limpiadora mediante una pala y las coloca en recipientes para llevarlas al área de esmeriles donde se realiza el pulido y se realiza una inspección de las piezas para trasladarlas nuevamente a la limpiadora para realizarles otra limpieza, quedando listas para su embarque a la sección de maquinado.

ARENAS NUEVAS DE MOLDEO.- Cuando resulta necesario, se prepara arena nueva de moldeo mediante el uso de una mezcladora. Primeramente el operario transporta arena del almacén al área de mezclado mediante carretillas, agregándola a la mezcladora realizando ésta la mezcla obteniendo así, mediante una previa inspección, la arena de careo, que se transporta al área de moldeo.

DIAGRAMA DEL PROCESO DE FLUJO.

Con este tipo de diagramas podemos tener un panorama más amplio del proceso de producción de una industria, ya que nos muestra la secuencia seguida para las operaciones e inspecciones que se realizan en la empresa. Dicha secuencia se observa en el diagrama y a continuación presentamos el significado de la secuencia seguida.

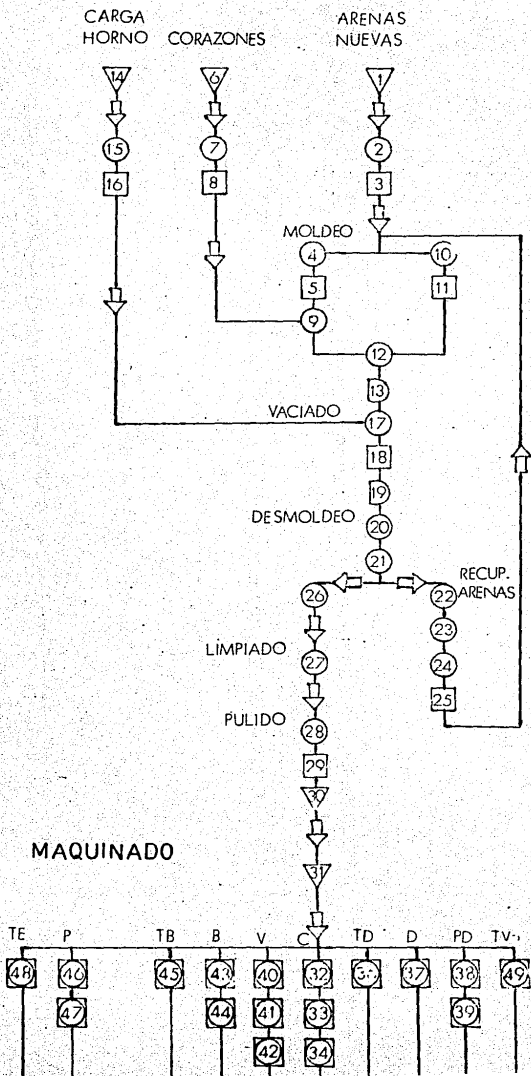
Sección de Fundición.

1. Almacén de arenas de moldeo.
2. Mezclado de arenas.
3. Verificación de uniformidad de mezcla.
4. Elaboración de base de la caja de moldeo.
5. Inspección del molde obtenido.
6. Almacén de arenas para corazones.
7. Moldeo de corazones en máquina corazonera.
8. Inspección de pieza obtenida.
9. Colocación de corazones en base de molde.
10. Elaboración de tapa de caja de moldeo.
11. Inspección del molde obtenido.
12. Ensamble de partes del molde.
13. Espera del molde para su vaciado.

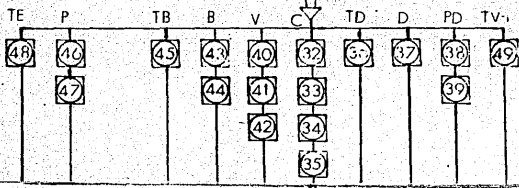
14. Almacén de materia prima del bronce.
15. Fundición del bronce en horno-crisol.
16. Verificación del bronce del bronce fundido.
17. Vaciado del bronce a moldes.
18. Verificar llenado de piezas.
19. Espera a enfriamiento de moldes.
20. Separar partes de moldes.
21. Sacar pieza del molde.
22. Quitar arena del molde.
23. Cernido de arena.
24. Mezclado de arenas.
25. Inspección de mezcla.
26. Cortado de rebosaderos.
27. Limpiado de pieza fundida.
28. Pulido y acabado de pieza fundida.
29. Inspección de pieza fundida.
30. Almacén de producto fundido en fundición.
31. Almacén de producto fundido en maquiladora.
32. Roscar extremo 1 de cuerpo de válvula.
33. Roscar extremo 2 de cuerpo de válvula.
34. Roscar cuello de cuerpo de válvula.
35. Calibrar asiento.
36. Roscar tuerca disco.
37. Barrenar disco jenkis.
38. Ranurar porta-disco.
39. Roscar porta-disco para tuerca disco.
40. Roscar vástago para bonete.
41. Roscar vástago para tuerca volante.
42. Calibrar pastilla de vástago.
43. Roscar bonete para vástago.
44. Roscar bonete para tuerca estopera.
45. Roscar tuerca bonete.
46. Calibrar prensaestopa.
47. Cortar prensaestopa.
48. Roscar tuerca estopera.

49. Roscar tuerca volante.
50. Almacén de producto maquinado.
51. Ensamble de porta-disco y disco jenkis.
52. Ensamble de tuerca disco.
53. Ensamble de cuerpo.
54. Ensamble de vástago y bonete.
55. Ensamble de vástago y bonete con cuerpo.
56. Ensamble de tuerca bonete.
57. Ensamble de empaque.
58. Ensamble de prensaestopa.
59. Ensamble de tuerca estopera.
60. Ensamble de volante.
61. Ensamble de tuerca volante.
62. Inspección y prueba hidroneumática.
63. Lavado con aceite de pieza.
64. Empaque de pieza.
65. Almacén de producto terminado.

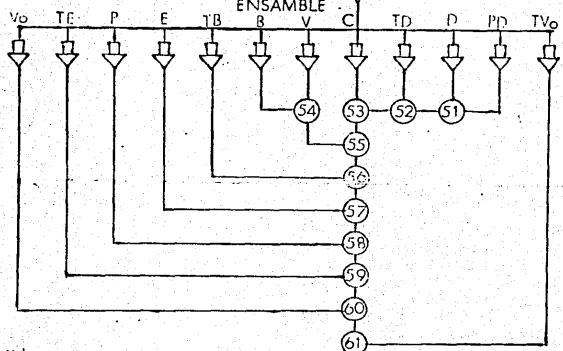
FUNDICION



MAQUINADO



ENSAMBLE



- Vo • Volante
- TE • Tuerca Estopera
- P = Prensaestopa
- E = Empaque
- TB • Tca. Bonete
- B = Bonete
- V = Vastago
- C = Cuerpo
- TD = Tca. Disco
- D = Disco
- PD = Porta Disco
- TVo • Tca. Volante

- ▽ ALMACEN
- OPERACION
- INSPECCION
- ◻ OP.-INSP.
- ⇓ TRANSPORTE

U A G
INGENIERIA INDUSTRIAL
DIAGRAMA DEL PROCESO DE FLUJO
TESIS PROFESIONAL
ROMAN PEREZ LIZARRAGA

MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO.

Se puede observar en la distribución de planta de la sección de fundición y maquinado respectivamente, cada una de la maquinaria y equipo utilizado y enseguida señalaremos el significado de la nomenclatura utilizada así como la cantidad con que cuenta cada una de las secciones.

Sección de Fundición.

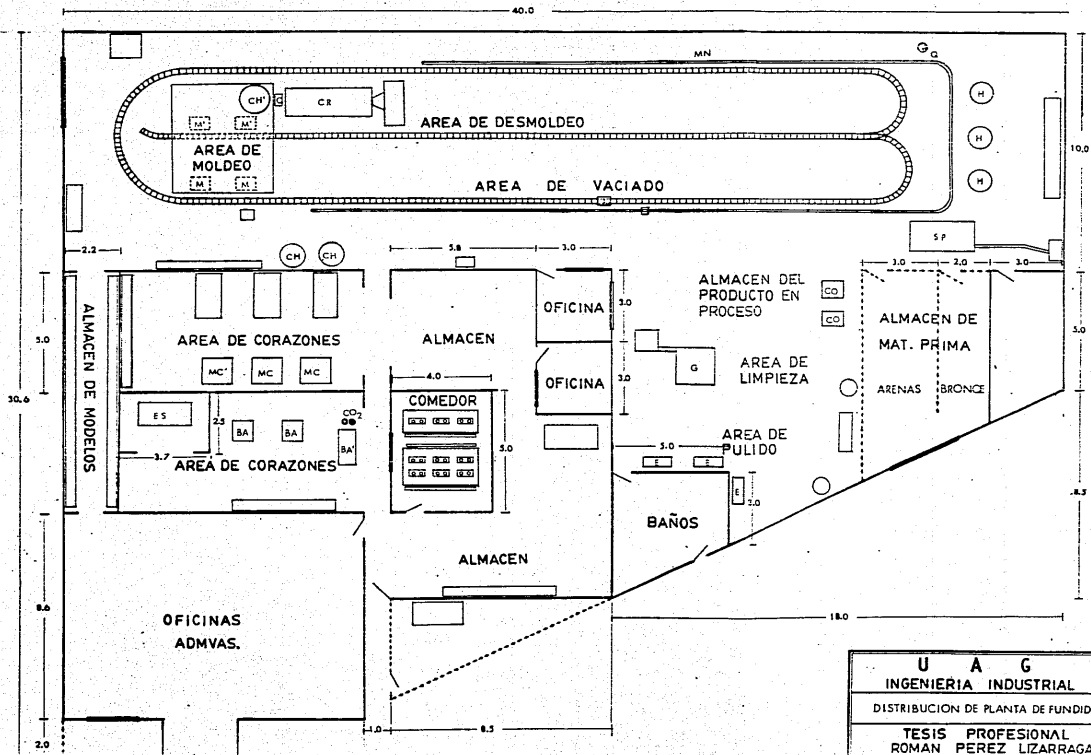
- (H) 3 Hornos tipo crisol basculante.
- (M) 2 Máquinas moldeadoras de presión.
- (M') 2 Máquinas moldeadoras de presión y golpeteo.
- (MC) 3 Máquinas corazoneras (para el proceso Shell).
- (CH) 3 Molinos chilenos (mezcladoras).
- (G) 1 Limpiadora (granalladora)
- (E) 3 Bancos de esmeriles (de 2 cabezas cada uno).
- (CR) 1 Criba rotatoria.
- (C) 1 Elevador de cangilones.
- (SP) 1 Sistema purificador.
- (CO) 2 Máquinas cortadoras.
- (Q) 1 Quemador (para calentamiento de anticrisol).
- (MN) 1 Monorriel manual (guías para el vaciado).
- (ES) 1 Estufa.
- (BA) Bancos de trabajo.

Así como también cuenta con una tolva de almacenaje con una capacidad de 400 a 500 kgs. que se encuentra ubicada abajo de la criba rotatoria. También tenemos otras 4 tolvas receptoras que son para cargas pequeñas y son las utilizadas para reabastecer cada una de las máquinas moldeadoras de arenas, por lo tanto se encuentran en la parte superior de éstas.

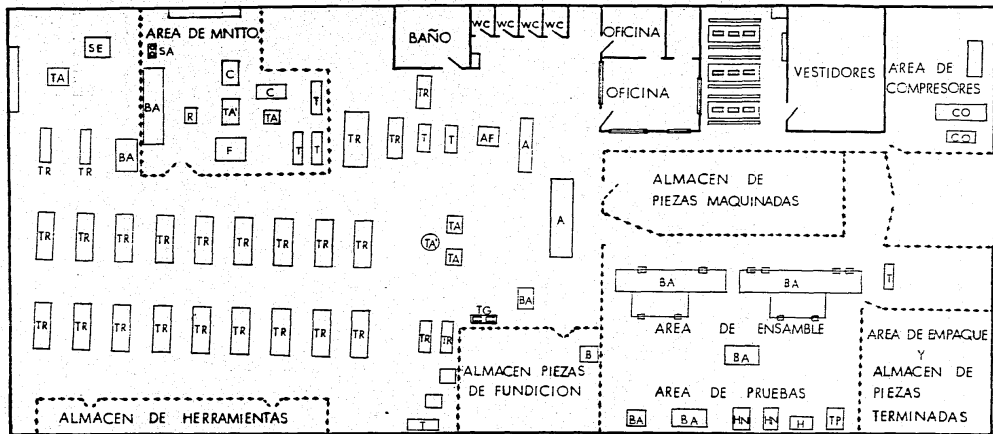
Sección de Maquinado.

- (TR) 25 Tornos revólver semiautomáticos.
- (T) 7 Tornos horizontales.
- (TG) 1 Torno gemelo horizontal.
- (R) 1 Rectificadora.

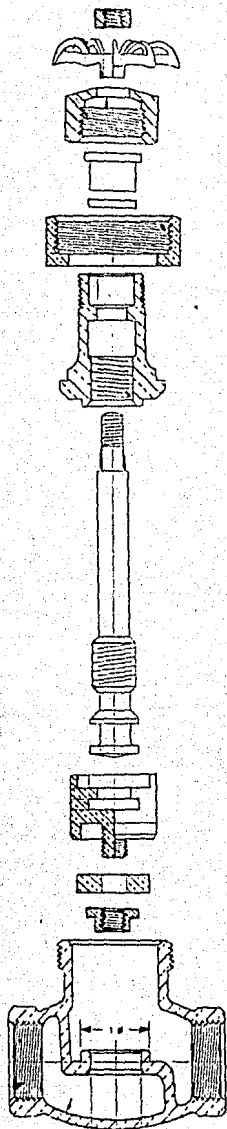
- (C) 2 Cepillos.
- (TA) 4 Taladros de mesa.
- (TA') 2 Taladros de Pedestal.
- (SE) 1 Sierra eléctrica
- (A) 2 Ajustadoras.
- (AF) 1 Afiladora
- (E) 1 Banco de esmeril (con 2 cabezas).
- (SA) 1 Equipo de soldadura autógena y eléctrica.
- (CO) 2 Compresores.
- (H) 1 Equipo de prueba hidráulico.
- (HN) 2 Equipos de pruebas hidroneumático.
- (TP) 1 Tapadora (bomba de vacío que tapa porosidades pequeñas).
- (B) 1 Balanza.
- (BA) Bancos de trabajo.



U A G
INGENIERIA INDUSTRIAL
 DISTRIBUCION DE PLANTA DE FUNDIDORA
TESIS PROFESIONAL
ROMAN PEREZ LIZARRAGA



<p>U A G INGENIERIA INDUSTRIAL</p>
<p>DISTRIBUCION DE PLANTA MAQUILADORA</p>
<p>TESIS PROFESIONAL ROMAN PEREZ LIZARRAGA</p>



C A P I T U L O I I I

ANALISIS SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD ACTUAL

En este capítulo se describirá y analizará la situación en la cual opera la fábrica, en cuanto a su procedimiento de control y calidad del producto, así como las principales deficiencias que presenta y su objetivo es tener un panorama y criterio más amplio para poder corregir dichas deficiencias, así como establecer pautas de calidad apropiadas para un mejor control de la empresa.

Es muy común encontrar, sobre todo en la micro y pequeña industria, empresas que tienen un deficiente control de calidad y se muestran re--nuentes a establecer sistemas para este fin, muchas veces porque no cuentan con una liquidez o crédito aceptable y a la desconfianza que existe de la buena redituabilidad que dicho control implica con respecto al capital que es necesario invertir.

En la empresa estudiada, como ocurre en varias en la actualidad, su control de calidad se basa prácticamente en la experiencia de sus supervisores y operarios, sin tener conocimiento y aplicación de métodos estadísticos fundamentales, como pueden ser un plan de muestreo en su inspección, gráficos de control o alguna técnica para el aseguramiento de la calidad del producto. Regularmente se llevan a cabo las inspecciones de una forma visual y no se lleva un control de las desviaciones existentes con respecto a las especificaciones dadas, ya que no se cuenta con algún tipo de reportes para el control de calidad, por lo que existe una falta de información para poder tener una adecuada retroalimentación para conocer el comportamiento del producto. Además no existe personal específico (inspectores) para realizar las verificaciones necesarias de las especificaciones.

Los procedimientos utilizados por la fábrica para el control de la calidad del producto se desarrollan de la siguiente forma:

La recepción de lingotes de bronce en el almacén de materias primas se realiza mediante una inspección visual y superficial por parte del almacénista, ya que básicamente acepta el lote suministrado con el solo hecho de que su color sea similar al tipo de bronce pedido. Se tiene con--

tacto con varios proveedores y se utilizan sus servicios dependiendo --- principalmente del crédito que les otorguen. Además, no se realiza ningún tipo de pruebas y análisis para saber si la composición del bronce - es la adecuada. Hay que recordar que para el proceso de fusión no sólo - se utiliza lingote como materia prima, sino que se mezcla junto con piezas de reproceso y rebabas que son proporcionados con la misma empresa.

En la adquisición de arenas, tanto de moldeo como de corazones, se tiene plena confianza en los proveedores y no se realiza ningún tipo de inspección; y en la realización del mezclado de arenas que se utiliza para la formación de los moldes, se ejerce un escaso control por parte del supervisor y los operarios y regularmente no se lleva a cabo ningún tipo de pruebas para saber si cumple con las características y propiedades -- apropiadas. En forma muy esporádica, se mandan a analizar a un Laboratorio de Control de Calidad existente en una empresa filial, que cuenta -- con el equipo adecuado, pero comúnmente confían en su propia experien--- cia. Las pruebas que se deben de realizar en este proceso son fundamentales, ya que la desviación de estas características son una de las principales causas en la producción de piezas defectuosas. En el exclusivo caso para arena de corazones, donde se utiliza el proceso Shell, justificadamente no se realizan análisis, ya que su mezcla regularmente se adquiere preparada y lista para su uso.

El control efectuado en el Departamento de Fundición durante su proceso de producción, se lleva a cabo mediante verificaciones realizadas - por los mismos operarios mientras desarrollan su actividad.

El supervisor y los operarios de limpieza y pulido, detectan aproximadamente un 10% de piezas defectuosas, siendo su causa principal la porosidad y el mal llenado de las piezas fundidas. No se cuenta con algún tipo de reportes para conocer con qué frecuencia ocurre un determinado defecto.

En el Departamento de Maquinado se ejerce una inspección arbitraria de las partes y componentes que se adquieren del exterior, por lo que si

el lote suministrado se acepta y tiene varios productos defectuosos, se detecta esta falla en el área de ensamble.

En las operaciones de maquinado, las piezas son inspeccionadas regularmente por los mismos supervisores y la mayor parte de los operarios no utilizan los calibradores de medición para realizar sus propias comprobaciones, ya que comúnmente no saben usarlos.

El control efectuado en el producto terminado se realiza aplicando una inspección al 100% con la utilización de equipo de pruebas hidrostático e hidroneumático, donde detecta principalmente si la pieza tiene soldaduras o un deficiente armado. Además se cuenta con un equipo llamado "tapadora", ya que tiene la función de resanar pequeñas porosidades que no tienen graves consecuencias en la calidad del producto.

El principal problema encontrado en el Departamento de Maquinado es que existe un alto porcentaje de piezas defectuosas debido principalmente a la porosidad del bronce. Frecuentemente, dicha porosidad se considera "crítica", ya que no se puede corregir ni con el equipo tapador y tiene que rechazarse el producto para que después se utilice en reproceso; el porcentaje defectuoso existente por este fin es de alrededor el 10% y teniendo además un 5% de rechazo por un mal maquinado.

Como se puede observar, existen varios puntos que se pueden mejorar, realizando un control del proceso en general, de una forma planeada y organizada y utilizando un control preventivo para lograr reducir en gran medida los defectos descritos.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE UN NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD.

Control Estadístico de Calidad:

Técnicas de Muestreo

Distribución de Frecuencias

Gráficos de Control

Control de Recepción de Material

Control del Proceso de Producción

Control del Producto Terminado

Laboratorio de Control de Calidad

DESARROLLO DE UN NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

En la actualidad se está dando una gran importancia a la aplicación de las diversas técnicas y métodos aportados por la Ingeniería Industrial, esto es debido al gran factor que representa para el rápido crecimiento y desarrollo de las empresas. Una de estas técnicas es la considerada para la presente tesis.

La calidad de un producto depende en gran medida del grado de satisfacción que el cliente tenga al utilizarlo, ya que éste va destinado a él. Y para lograr un buen control de esta calidad, es necesario crear un sistema de trabajo que coordine y dirija cada una de las actividades encaminadas al cumplimiento de las especificaciones y normas establecidas.

En el desarrollo y transcurso de este capítulo se desarrollarán los lineamientos y métodos que se consideran fundamentales para obtener un control efectivo de calidad.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD.

Es importante señalar que un sistema de control de calidad no solo debe de implicar establecer normas y rechazar los productos defectuosos mediante una inspección, sino que se deben de considerar métodos que nos ayuden a prevenir y corregir dichas fallas; entre las principales herramientas que existen para este fin son las aportadas por la estadística industrial, siendo éstas:

Técnicas de Muestreo
Distribución de Frecuencias
Gráficos de Control

TECNICAS DE MUESTREO.

Siempre han existido en las empresas diferentes clases de inspección para controlar los procesos ó el producto en general; en el pasado, y también en algunas industrias de la actualidad, ha sido muy común

utilizar indiscriminadamente una inspección al 100%, realizar un muestreo completamente arbitrario ó no realizar ningún tipo de inspección, por lo que en ocasiones los costos de producción se elevan o no se tenga plena confianza en el éxito de estas revisiones. Actualmente varias de estas empresas están tomando conciencia de la importancia que lo anterior implica y están aplicando cada vez más las tablas estadísticas de muestreo, donde se ha demostrado su confiabilidad al utilizarlas.

La técnica de muestreo considerada para la presente tesis es la Tabla Estadística proporcionada por la norma Americana MIL STD 105D, ya que ésta es de muy fácil comprensión y se acopla perfectamente a las necesidades de la Empresa. Este tipo de inspección se realiza por atributos, es decir, se clasifican cada una de las revisiones como elemento defectuoso o no defectuoso. Su aplicación y uso se lleva a cabo de la siguiente manera:

El tamaño de la muestra usado para la inspección se determina al seleccionar la letra código correspondiente indicada en la Tabla 1, que depende del tamaño del lote revisado, así como del nivel de inspección-escogido, donde los expertos en la materia recomiendan usualmente el nivel II que consideran es el más apropiado para su aplicación en las empresas. Los planes de inspección tomados en cuenta son para un muestreo simple utilizando regularmente una inspección normal (Tabla 2), pero hay que añadir que cuando existan problemas de calidad más serios y cuando se crea oportuno, se podrá utilizar una inspección rigurosa (Tabla 3), así como también si en las revisiones de los lotes regularmente no existe un rechazo de éstos se podrá aplicar la Tabla 4 para una inspección reducida. El uso apropiado de cada una de estas tablas nos reducirá notablemente los costos de calidad y de inspección, así como se tendrá una confiabilidad aceptable en los resultados obtenidos. Finalmente, para conocer el número de aceptación (cantidad máxima de elementos defectuosos que es posible admitir en la inspección para que el lote sea aceptado) y el Número de rechazo (cantidad mínima de elementos defectuosos que se necesitan para rechazar el lote); se debe de determinar el Nivel Aceptable de Calidad (porcentaje máximo de elementos defec

LETRAS CODIGO DEL TAMARO DE LA MUESTRA

TAMARO DEL LOTE	Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección general		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 8	A	A	A	A	A	A	B
9 15	A	A	A	A	A	B	C
16 25	A	A	B	B	B	C	D
26 50	A	B	B	C	C	D	E
51 90	B	B	C	C	C	E	F
91 150	B	B	C	D	D	F	G
151 280	B	C	D	E	E	G	H
281 500	B	C	D	E	F	H	J
501 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001 en adelante	D	E	H	K	N	Q	R

TABLA I

5 3-

TABLA PATRON PARA INSPECCION NORMAL
(MUESTREO SIMPLE)

Tamaño del lote (N)	Tamaño de la muestra (n)	Niveles aceptables de calidad (Inspección Normal)																									
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.063	0.10	0.15	0.25	0.40	0.63	1.0	1.5	2.5	4.0	6.3	10	15	25	40	63	100	150	250	400	630	1000
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
B	3	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
C	5	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
D	8	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
E	11	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
F	15	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
G	20	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
H	30	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
I	40	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
J	50	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
K	60	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
L	70	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
M	80	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
N	100	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
O	125	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
P	150	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
Q	200	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓

Utilizar el primer plan de muestreo que haya debajo de la flecha

- Si el tamaño de la muestra iguala o excede al tamaño del lote, realizar una inspección 100 %.
- Utilizar el primer plan de muestreo que haya encima de la flecha.
- c_r ● Número de aceptación
- r_e ● Número de rechazos

TABLA PATRON PARA INSPECCION REGULAR (MUESTREO SIMPLE)

Letra código del tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Niveles aceptables de calidad (Inspección Regular)																																			
		0.10		0.15		0.20		0.25		0.30		0.35		0.40		0.45		0.50		0.55		0.60		0.65		0.70		0.75		0.80		0.85		0.90		0.95	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re		
A	2	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
B	3	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
C	5	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
D	8	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
E	11	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
F	20	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
G	32	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
H	50	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
I	80	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
J	125	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
K	200	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
L	315	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
M	500	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
N	800	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
O	1250	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
P	2000	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
Q	3150	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	

- Miñean el primer plan de muestreo que haya debajo de la flecha
- Si el tamaño de la muestra iguala o excede al tamaño del lote, realizar una inspección 100%.
- ↓ = Utilizar el primer plan de muestreo que haya encima de la flecha
 - Ac = Número de aceptación
 - Re = Número de rechazo

TABLA 3

TABLA PATRON PARA INSPECCION REDUCIDA
(MUESTREO SIMPLE)

		Niveles aceptables de calidad (Inspeccion reducida)																														
Letra designa el tamaño de la muestra	Ejemplo de la muestra de la muestra	0.010	0.015	0.025	0.040	0.063	0.100	0.150	0.250	0.400	0.630	1.0	1.5	2.5	4.0	6.3	10	15	25	40	63	100	150	≥ 200	400	650	1000					
		Ar	He	Ar	He	Ar	He	Ar	He	Ar	He	Ar	He	Ar	He	Ar	He	Ar	He	Ar	He	Ar	He	Ar	He	Ar	He	Ar	He			
A	2	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
B	3	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
C	5	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
D	8	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
E	11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
F	15	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
G	20	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
H	25	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
I	32	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
J	40	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
K	50	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
L	63	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
M	80	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
N	100	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
O	125	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
P	160	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
Q	200	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
R	250	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
S	315	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
T	400	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
U	500	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				
V	630	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓				

Utilizar el primer plan de muestreo que haya debajo de la flecha

Si el tamaño de la muestra iguala o excede al tamaño del lote, realizar una inspección 100 %.



Utilizar el primer plan de muestreo que haya encima de la flecha



Número de aceptación



Número de rechazo



Si se ha sobrepasado el número de aceptación, sin alcanzar el de rechazo, aceptar el lote, pero restablecer la inspección regular.

tuosos que pueden existir en cien unidades) que depende del criterio de los ejecutivos y de la política de la empresa.

La aplicación de las tablas MIL STD 105D se señalan más adelante, en el control que se ejerce en la empresa.

En todo producto no existen nunca dos características exactamente iguales, ya que siempre se producen variaciones y diferencias en su calidad. Estas regularmente se clasifican en dos tipos: las variaciones debidas al azar, que son producidas por causas inherentes ó por la misma naturaleza del proceso, siendo muy difíciles de determinar los factores que la provocan por lo que comúnmente no se pueden controlar. Estas diferencias consideradas no llegan a afectar la calidad del producto y son tomadas en cuenta por Ingeniería en el diseño de las especificaciones al determinar ciertas tolerancias en sus características. Existen otra clase de variaciones que en ocasiones afecta gravemente la calidad éstas se deben a causas que es posible determinar y explicar y ocurren regularmente por el mal uso de herramientas, material, maquinaria, operarios, etc. El personal de Control de Calidad se tiene que enfocar --- principalmente a estas últimas variaciones para obtener un producto con las condiciones requeridas. Las herramientas estadísticas que más se -- utilizan para este fin son básicamente la Distribución de Frecuencias - y los Gráficos de Control.

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS.

Una distribución de frecuencias consiste en el registro en un diagrama del número de veces que se repite una cierta característica analizada, es decir, es la "frecuencia" con que se presenta dicha medición.- Son muy útiles ya que nos determina el comportamiento existente de la característica considerada así como también nos indica si las variaciones tenidas se encuentran dentro del rango de tolerancias establecido.

Estas consideraciones se basan en la comparación realizada entre - el diagrama obtenido y la distribución de frecuencias "ideal" formada -

por las especificaciones del producto; esta distribución tiene un comportamiento similar a una curva normal (Fig. 1).

Para tener un mayor apoyo en el gráfico obtenido y en la evaluación de resultados pueden éstos describirse algebraicamente en base a su Tendencia Central (valor medio aproximado de las mediciones realizadas) y a su Dispersión (la variación que existe en el análisis). Para la obtención de la primera se considera:

LA MEDIA.- Que es el promedio de las mediciones analizadas. Se determina sumando los valores obtenidos y dividiéndolo entre el número de observaciones efectuadas, es decir:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_n}{n}$$

donde:

\bar{X} = media de los valores obtenidos

X_n = valor de cada medición

n = cantidad de mediciones efectuadas

Las medidas de dispersión mayormente utilizadas son la amplitud y la desviación estándar.

AMPLITUD.- Generalmente se conoce también con el nombre de Rango y se define como la diferencia existente entre los valores mayor y menor del total de las mediciones efectuadas. Para su utilización se aplica la siguiente fórmula:

$$R = X_m - X_n$$

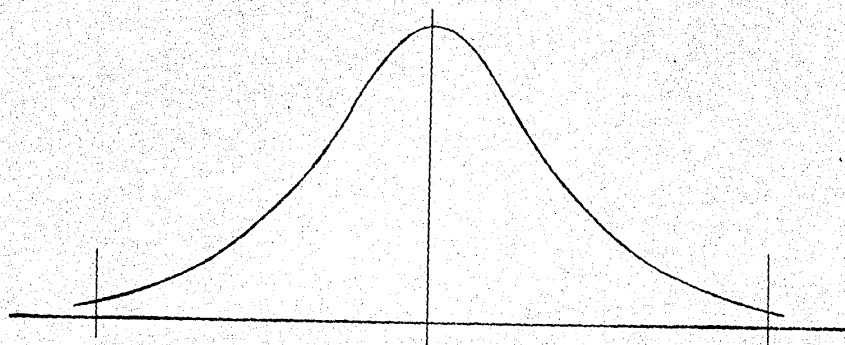
donde:

R = rango ó amplitud

X_m = valor máximo medido

X_n = valor mínimo medido

DESVIACION ESTANDAR.- Es la que se utiliza con mayor frecuencia para la determinación de la dispersión existente, y se calcula de la siguiente-



CURVA NORMAL

FIG. 1

manera:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}}, \text{ para } i = 1, 2, \dots, n$$

donde:

σ = desviación estándar

X_i = valores de cada medición

\bar{X} = media de los valores obtenidos

n = cantidad de mediciones efectuadas

En una distribución normal comúnmente se utiliza una dispersión de $\pm 3\sigma$ ya que ésta comprende el 99.73% del área total de dicha curva; esto significa que 27 de cada 10,000 mediciones efectuadas caerán fuera de los límites definidos, por lo que esta consideración resulta ser muy confiable.

El tamaño de la muestra que se utiliza para la creación de una distribución de frecuencias regularmente se recomienda que debe ser alto para tener una confiabilidad aceptable; se debe de tomar en cuenta la experiencia y el criterio de Control de Calidad, así como los costos que implican realizar la inspección.

GRAFICOS DE CONTROL.

Los gráficos de control son las herramientas estadísticas más poderosas para llevar a cabo debidamente el análisis y el control de la calidad, éstos proporcionan un método oportuno y directo de comunicación y permite una evaluación precisa de la estabilidad y capacidad de la calidad existente. Esta técnica consiste en la elaboración de un diagrama donde se registra el comportamiento tenido de una serie de muestras inspeccionadas en un período determinado de tiempo que pueden ser horas, días, semanas, etc., dependiendo de la seguridad de control que se requiere así como del costo de calidad tolerable. En estos gráficos se señala el resultado promedio obtenido así como los límites tolerables de variación que puede existir para que lo inspeccionado esté bajo control.

Cuando los puntos de las muestras registradas se encuentren dentro de estos límites nos indica que las variaciones tenidas son debidas a causas naturales y hasta cierto punto normales del proceso, por lo que su calidad está controlada, pero si ocurre lo contrario nos señala la existencia de perturbaciones y problemas que es posible evitar, indicándonos en el diagrama el momento en que ocurre dicha desviación.

Los gráficos de control no deben de usarse indiscriminadamente dentro de la empresa, ya que los costos de calidad pueden volverse prohibitivos por lo que es necesaria su aplicación sólo en el momento oportuno, así como también para las características y procesos más críticos. Esto es determinado por el personal que está íntimamente relacionado con el comportamiento de los procesos de la empresa.

Existen diferentes tipos de diagramas de control, pero los que tienen una mayor aplicación en gran parte de las industrias son los gráficos " \bar{X} " y "R", que se utilizan cuando las inspecciones se realizan por "variables", o sea, cuando las características que han de revisarse pueden medirse y expresarse en alguna unidad. Otros muy importantes son los gráficos "P" y se aplican cuando la inspección es por "atributos", esto significa que el producto analizado sólo se clasifica como defectuoso o no defectuoso (pasa-no pasa).

El procedimiento para la aplicación de cada uno de estos gráficos se muestra a continuación:

Gráficos " \bar{X} " y "R".- Estos gráficos son dos diagramas separados en una sola forma, donde " \bar{X} " nos muestra el control para la calidad media de las muestras, y "R" nos indica el control de la dispersión de estas muestras.

Una de las principales aplicaciones que tienen estos gráficos es el control de los procesos, sobre todo en operaciones de mecanizado, pero su uso puede resultar costoso ya que solo puede analizar una sola característica por cada gráfico, pero en cambio son los diagramas de control más confiables que existen.

La determinación de los límites de control para estos gráficos se basa en el mismo principio de una distribución de frecuencia de una --- curva normal, o sea, se consideran su medida de tendencia central y dispersión así como sus límites tendrán una variación de $\pm 3\sqrt{\quad}$. Las fórmulas utilizadas para la obtención de los límites para el gráfico de las medias (\bar{X}) son:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{m}$$

donde:

$\bar{\bar{X}}$ = promedio de las muestras

\bar{X} = media de cada muestra

m = número de muestras

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\sqrt{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\sqrt{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

donde:

LSC = límite superior de control

LIC = límite inferior de control

$\sqrt{\bar{X}}$ = la desviación estándar de las medias de las muestras

\bar{R} = media de los rangos

A_2 = constante para el cálculo de los límites

Los límites del gráfico "R" (rangos) se determinan mediante las siguientes fórmulas:

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{m}$$

donde:

\bar{R} = media de los rangos

R = rango de cada muestra

m = número de muestras

$$LSC = R + 3 \sqrt{R} = D_4 \bar{R}$$

$$LIC = R - 3 \sqrt{R} = D_3 \bar{R}$$

donde:

LSC = Límite superior de control para "R"

LIC = Límite inferior de control para "R"

\sqrt{R} = Desviación estándar de las amplitudes de las muestras

D_3, D_4 = Constantes para el cálculo de los límites.

El uso de cada una de las constantes anteriores, sirve para simplificar en gran medida ya que la desviación estándar de las muestras no se pueden obtener de una forma directa. Los valores de dichas constantes se indican en la Tabla 5.

Hay que señalar que el tamaño de la muestra debe ser pequeño y el análisis hay que realizarlo por un período de tiempo relativamente largo, para que resulte confiable.

No es posible realizar una comparación directa entre los límites de control " \bar{x} " y las tolerancias del producto establecidas, ya que el cálculo de los primeros se efectúan en base al promedio de las muestras y no a mediciones individuales como se considera en las especificaciones. Existe una relación entre la desviación estándar del proceso y \bar{R} que nos determinan los límites "reales" del gráfico de control y ésta es la siguiente:

$$\sigma' = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

donde d_2 es una constante que depende del tamaño de la muestra (Tabla 5). Por lo tanto, los límites de control quedan expresados de la siguiente manera para saber si son satisfactorios con respecto a las especificaciones:

$$\text{Límites de Control} = \bar{x} \pm 3 \sigma' = \bar{x} \pm 3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Muestra de la muestra	Factor para			Factor por desviación estándar estimada (sigma)	Muestra de la muestra
	Promedio	Intervalo			
n	A ₂	D ₃	D ₄	d ₂	n
2	1.880	0.0	3.268	1.128	2
3	1.023	0.0	2.574	1.693	3
4	0.729	0.0	2.282	2.059	4
5	0.577	0.0	2.114	2.326	5
6	0.483	0.0	2.004	2.534	6
7	0.419	0.076	1.924	2.704	7
8	0.373	0.136	1.864	2.847	8
9	0.337	0.184	1.816	2.970	9
10	0.308	0.223	1.777	3.078	10
11	0.285	0.256	1.744	3.173	11
12	0.266	0.284	1.717	3.258	12
13	0.249	0.308	1.692	3.336	13
14	0.235	0.329	1.671	3.407	14
15	0.223	0.348	1.652	3.476	15

Fórmulas para calcular los límites de control

Para promedios	Para intervalos
$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$	$UCL_R = D_4 \bar{R}$
$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$	$LCL_R = D_3 \bar{R}$

Desviación estándar (sigma)

$$\text{Sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

TABLA 5

Gráficos "P". - Como se señaló anteriormente, éstos se utilizan en la inspección PASA-NO PASA y nos indica el porcentaje defectuoso de piezas existentes al inspeccionar muestras en un período determinado de tiempo; además nos muestra el comportamiento tenido. Soy muy utilizados ya que se pueden tomar en cuenta varias características de un producto en su análisis, pero su tamaño de la muestra debe ser relativamente elevada pudiendo aplicarse en ocasiones un plan de muestreo estadístico ó -- una inspección 100%.

Cálculos para crear un Gráfico "P":

Se obtiene el % defectuoso de cada inspección (muestra) efectuada mediante la ecuación:

$$\% P = \frac{\text{No. de elementos defectuosos}}{\text{No. de elementos inspeccionados}} \times 100$$

Para determinar el promedio del porcentaje defectuoso así como sus límites de control, se aplican las siguientes fórmulas:

$$\% P = \frac{\sum \text{No. de elementos defectuosos}}{\sum \text{No. de elementos inspeccionados}} \times 100$$

$$LSC_p = \% \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(100-\% \bar{P})}{n}}$$

$$LIC_p = \% \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(100-\% \bar{P})}{n}}$$

donde:

n = tamaño de la muestra o inspección.

El tamaño de la muestra puede ser constante o variable, y si ocurre éste último, se considera un promedio del número de elementos inspeccionados por cada muestra aplicando la siguiente ecuación:

$$n = \frac{\text{No. de elementos inspeccionados}}{\text{No. de muestras efectuadas}}$$

EJEMPLOS.

1. GRAFICOS " \bar{x} " y "R". - Se establece un gráfico " \bar{x} " y "R" sobre la operación de roscado del cuerpo de la válvula de globo, específicamente la dimensión de su cuello. Esta característica tiene como especificación de calidad:

$$1.666 \pm 0.004 \text{ pulg.}$$

Para la elaboración del gráfico se tomó una muestra de 5 piezas durante 22 días, obteniendo los valores observados en el gráfico (Fig. 2). Los datos allí indicados nos señalan las últimas dos cifras de la lectura de la dimensión; por ejemplo, 63 es equivalente a una medida de 1.663.

Cálculos de Límites de Control.

En el gráfico se señala las medias y los rangos obtenidos para cada muestra mediante la aplicación de sus fórmulas:

$$\bar{x} = \frac{\sum X_n}{n}$$

$$R = X_m - X_n$$

Cálculos para $\bar{\bar{x}}$ y \bar{R} :

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{m} = \frac{(65.6 + 65.8 + \dots + 66.8 + 65.4)}{22} = \frac{1450.2}{22}$$

$$\bar{\bar{x}} = 65.9$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{m} = \frac{(3 + 3 + 2 + \dots + 4 + 2 + 3)}{22} = \frac{64}{22}$$

$$\bar{R} = 2.9$$

Límites para " \bar{x} ":

$$LSC_x = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 65.9 + (0.577) (2.9) = 67.6$$

$$LIC_x = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 65.9 - (0.577) (2.9) = 64.2$$

Límites para " \bar{R} ":

$$LSC_R = D_4 \bar{R} = (2.114) (2.9) = 6.1$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R} = (0) (2.9) = 0$$

Cálculos para determinar la satisfacción de los límites de control -
con respecto a las especificaciones:

$$LSC_x = \bar{x} + \frac{3\bar{R}}{d_2} = 65.9 + \frac{(3) (2.9)}{2.326} = 69.6$$

$$LIC_x = \bar{x} - \frac{3\bar{R}}{d_2} = 65.9 - \frac{(3) (2.9)}{2.326} = 62.2$$

por lo tanto, los límites reales del gráfico son: (1.662 --- 1.6696)
y se encuentran dentro de las especificaciones establecidas (1.662---
1.670).

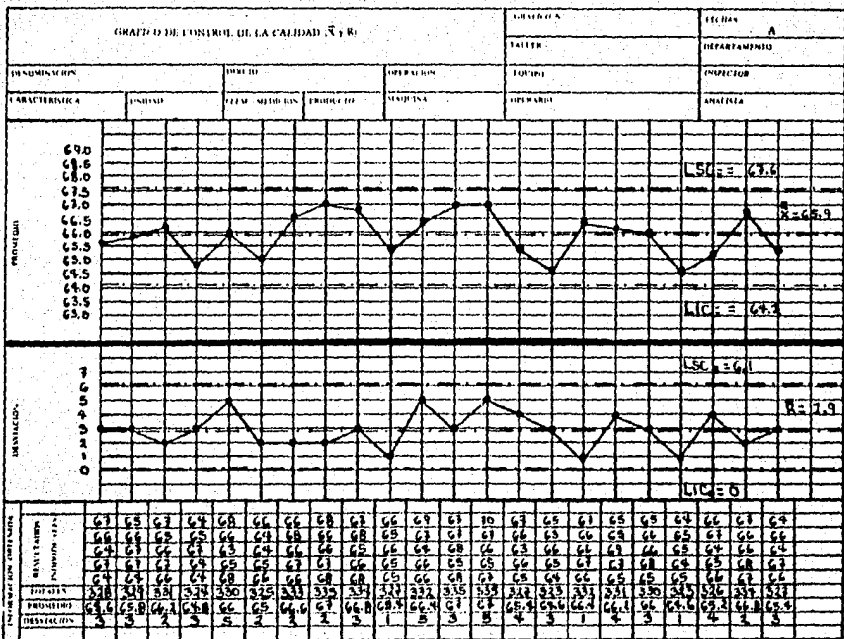


FIG. 2

2. GRAFICO "P". - Aplicación de un gráfico "P" en la inspección final de válvulas para determinar el comportamiento del porcentaje defectuoso obtenido, tomándose en consideración básicamente los defectos de porosidad, mal armado y acabado de la pieza.

En el Gráfico (Fig. 3), se indican las inspecciones efectuadas (100%) así como los resultados obtenidos durante 25 días. Se señala también el porcentaje de piezas defectuosas que fue determinado con la aplicación de la ecuación:

$$\%P = \frac{\text{No. elementos defectuosos}}{\text{No. elementos inspeccionados}} \times 100$$

Cálculos para el promedio y límites de control:

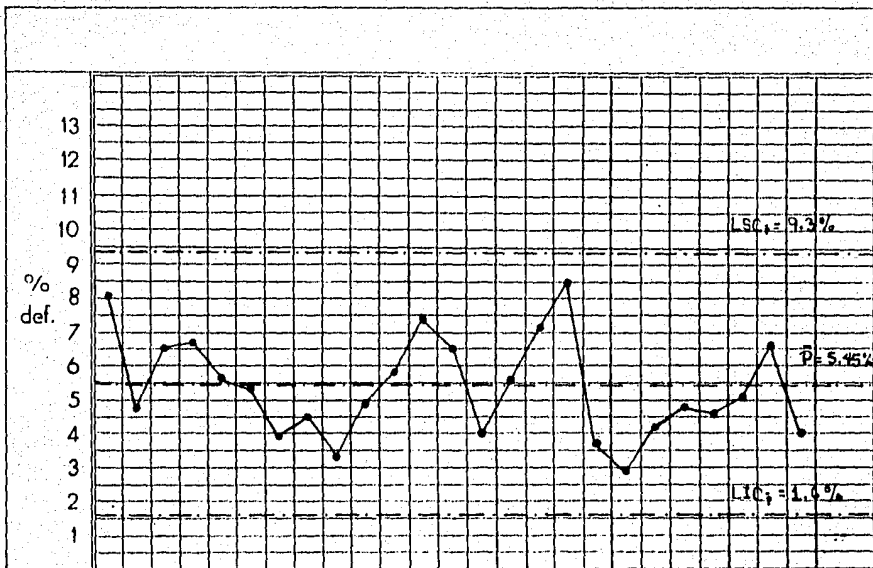
$$\%P = \frac{(26 + 16 + 20 + \dots + 12) \times 100}{(320 + 331 + 305 + \dots + 301)} = \frac{425}{7793}$$

$$\%P = 5.45\%$$

$$n = \frac{(320 + 331 + 305 + \dots + 301)}{25} = 311.72$$

$$LSC_p = 5.45 + 3 \sqrt{\frac{5.45(100-5.45)}{311.72}} = 9.3$$

$$LIC_p = 5.45 - 3 \sqrt{\frac{5.45(100-5.45)}{311.72}} = 1.6$$



% DEF.	8.1	4.8	6.5	6.7	5.7	5.3	3.9	4.5	3.3	4.9	5.8	7.4	6.5	4	5.6	7.3	8.5	3.3	2.9	4.3	4.8	4.6	5.1	6.6	4	
ELEM. DEF.	26	16	30	30	18	17	12	14	10	15	18	25	20	13	18	25	28	11	9	15	16	15	16	21	12	
INSPECCION	270	271	285	298	315	318	303	309	293	305	310	323	304	300	318	320	330	299	308	304	329	321	311	316	301	
FECHA																										

FIG. 3

CONTROL DE RECEPCION DE MATERIAL

SECCION FUNDICION.

Es necesario que los materiales que se adquieren del exterior cumplan con las características y especificaciones establecidas, ya que --afectarán directamente tanto al proceso de producción como a la calidad del producto terminado. Por esta razón, se debe ejercer un adecuado --control de los insumos para que nos proporcione la seguridad requerida de calidad en el producto.

Una estrecha comunicación existente entre el Departamento de Compras y cada uno de los proveedores, podrá fortalecer favorablemente sus relaciones al tratar de unificar criterios sobre la calidad del material suministrado, no existiendo con ello confusiones por cada uno de los parámetros considerados al llegar a un acuerdo con respecto a las características requeridas.

Los materiales adquiridos en esta sección son básicamente lingotes de bronce, así como los diferentes tipos de arenas y aglutinantes tanto de moldeo como de corazones.

BRONCE.- En cada lote recibido de lingotes se extraerá una muestra que se mandará al Laboratorio de Control de Calidad, para determinar su composición mediante el método de la vfa húmeda, registrando los resultados obtenidos en un reporte (Fig. A), donde podrá llevarse un control de las remesas suministradas, así como de cada uno de sus proveedores.

La recepción de bronce consistente en piezas de reproceso, rebabas etc., se le realizarán análisis sólo esporádicamente, ya que provienen de la misma empresa y se tiene una "certificación propia" al tener plenamente identificada su composición. El Departamento de Compras exigirá al proveedor en cada una de sus entregas, su certificación correspondiente.

ARENAS.- Se debe de tener plenamente identificado el comportamiento de-

REPORTE DE LABORATORIO			REPORTE NUMERO		
			FECHA:		
ANALISIS DE					
ELEMENTOS	(S)	%	ELEMENTOS	(S)	%
COBRE			OTROS:		
ESTANO					
PLOMO					
ZINC					
HERRO			OBSERVACIONES		
ALUMINIO					
MANGANESO					
SILICIO					
OTROS					
			ANALISTA		

FIG. A

cada uno de los proveedores. Las arenas, tanto de moldeo como de corazones, deben traer consigo una certificación confiable donde el proveedor se compromete al cumplimiento de lo estipulado. En el suministro específicamente de las arenas sílicas, lo que sí llega a variar en ocasiones es el tamaño del grano, ya que no siempre es constante y uniforme a pesar de que su composición no varíe; por lo tanto, se requiere analizar esta característica llevando a cabo una prueba de granulometría en el Laboratorio de Control de Calidad registrando los resultados en una forma (Fig. B), donde se indicará su comportamiento. Ingeniería y Compras realizarán, cuando lo consideren necesario, un análisis completo de cada una de las arenas y componentes en Laboratorios Exteriores para verificar los certificados de calidad del proveedor.

SECCION MAQUINADO.

En esta sección se adquieren partes y componentes que son utilizados en el ensamble para el acondicionamiento completo de la válvula. Estos componentes son: el volante, tuerca volante, prensaestopa y empaque. En recepción se desarrollará un plan de muestreo utilizando la norma -- MIL STD 105D para su inspección, donde en un reporte de recepción de -- partes (Fig. C), se anotarán cada una de las características consideradas así como los resultados obtenidos. De esta forma se podrá llevar un control del comportamiento tenido por cada uno de los proveedores al -- poder crear un historial de la confiabilidad que demuestren.

LABORATORIO DE ARENA SILICA			REPORTE No. <hr/> FECHA	
RECEPCION <input type="checkbox"/> PROCESO <input type="checkbox"/>	ANALISIS GRANULOMETRICO		TIPO DE ARENA	
No. MALLA	RETENIDO GR.	RETENIDO %	FACTOR	PRODUCTO
6			3	
12			5	
20			10	
30			20	
40			30	
50			40	
70			50	
100			70	
140			100	
200			140	
270			200	
POLVOS			300	
Total		A =		P =
CALCULO $ASF = \frac{P}{A} = \text{---} = \boxed{}$		OBSERVACIONES : <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <hr style="width: 100px; margin-left: auto;"/> ANALISTA </div>		

FIG. B

REPORTE INSPECCION DE RECEPCION					
SECCION DE MAQUINADO				REPORTE No.	
PROVEEDOR				FECHA	
PIEZA		MATERIAL		PEDIDO	
TAMANO LOTE	AQL	TAM. MUESTRA	AC	RE	
ESPECIFICACIONES DE INSPECCION			INSTRUMENTOS DE MEDICION		
RESULTADOS Y OBSERVACIONES:					
INSPECTOR					

FIG. C

CONTROL DEL PROCESO DE PRODUCCION

SECCION FUNDICION.

Se debe poner un especial cuidado en esta sección, para ejercer un estricto control ya que es donde surgen con mayor frecuencia las fallas y defectos existentes en la empresa.

Se establecerá una ruta de inspección por toda la fundición verificando las características que se consideran más importantes, así como se indicarán algunos puntos para prevenir la mayor cantidad de defectos.

Cada uno de los procesos de operación en la fundición son fundamentales para la obtención de un nivel elevado de calidad, pero existen -- dos donde ocurren más a menudo los defectos, por lo que se debe poner - un mayor interés para la realización de un buen control, estos son: la mezcla de arena y el proceso de fusión.

Cada una de las supervisiones hechas por los inspectores serán registradas en la hoja de inspección en proceso (Fig. D).

MEZCLA DE ARENAS.- El Inspector revisará que se realice una mezcla uniforme de los componentes agregados en la recuperación de arenas al verificar el tiempo justo que se requiere para que se obtenga la consistencia deseada.

Se extraerán muestras de diferentes puntos y regiones de la mezcla para que sea lo más aleatoria y representativa posible, éstas se mandarán al Laboratorio de Control de Calidad donde se le practicará un examen para determinar su porcentaje de humedad, resistencia al corte y a la compresión, permeabilidad y su granulometría. Estas características son esenciales para la formación del molde, por lo que se debe de controlar estrecho rango. Laboratorio registrará los resultados obtenidos en el reporte de análisis de arena (Fig. E).

Cuando es necesario sustituir por completo estas arenas (aproxima-

REPORTE DE INSPECCION EN PROCESO							FOLIO			
							FECHA			
SECCION DE FUNDICION				AREA:			ORDEN No.			
TURNO	OPERACION	FIGURA	ESPECIFICACION	TAM. LOTE	NAC	TAM. MUESTRA	AC	RE	RESULTADOS	
OBS. Y RECOMENDACIONES						_____ INSPECTOR				

FIG. D

ESTA TESTS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

REPORTE LABORATORIO DE ARENAS

TIPO DE ARENA		PRUEBA No.		FECHA	
HORA	PERMEABILIDAD	% HUMEDAD	GRANULOM.	RES. CORTE	RES. COMPRES.
OBSERVACIONES :					
LABORATORISTA					

FIG. E

damente cada 6 meses), es importante realizar repetidos mezclados y --- pruebas de sus características para que las arenas nuevas poco a poco - tengan la consistencia y uniformidad deseada.

FUSION.- Este proceso debe de inspeccionarse con sumo cuidado, ya que - constituye una gran fuente potencial en la formación de sopladuras en - las piezas al generarse una masa gasificada si no se controla adecuada- mente.

El Inspector revisará que la temperatura y el tiempo de fusión --- sean las requeridas, además supervisará que las proporciones de la mez- cta de bronce sean las apropiadas.

Se debe generar un ambiente relativamente oxidante en este proceso para eliminar en lo posible la gasificación del bronce, sobre todo el - hidrógeno; este ambiente se logrará si se controla la flama del horno - hasta obtener un color ligeramente azul, así como procurar tener una fu- sión rápida. Pero es necesario desoxidarlo después con la adición de un fundente que puede ser fosfuro de cobre, ya que de otra manera se pue- den crear grandes pérdidas por oxidación.

Esporádicamente se mandarán muestras de la fusión para comprobar - su comportamiento. Es importante que el inspector verifique también el - tiempo de precalentamiento del horno y del crisol de vaciado para que - no exista peligro de absorción de gases por los cambios bruscos de tem- peratura.

CORAZONES.- En el proceso Shell para corazones, se realizará un mues- -- treo estadístico según la MIL STD 105D del curado completo y su buen -- acabado.

MOLDEO.- En esta área se registrará la dureza del molde con el uso de - un durómetro realizando una inspección utilizando la MIL STD 105D. Al - mismo tiempo, se tiene que tomar en consideración el buen acabado del - molde así como evitar las diferencias grandes de temperatura entre cada

uno de los elementos involucrados en la operación (arenas, corazones, -- cajas metálicas, etc.), ya que se pueden generar gases debido a transpi- ración o condensación.

VACIADO.- En esta operación se controlará el buen llenado del molde, su velocidad de vaciado así como la temperatura existente en la colada. -- Además se deberá tomar en cuenta que el vaciado no debe realizar a mu- cha altura y la colada hay que mantenerla llena, esto es con el fin de obtener un flujo continuo del bronce fundido; además, para minimizar -- las pérdidas de temperatura y reducir el contacto con la atmósfera para absorber menos gases, se evita también la turbulencia y pérdidas de --- bronce durante el vaciado.

ACABADO.- Se hará una inspección extrayendo una muestra mediante la MIL STD 105D de las piezas fundidas para verificar su acabado, así como pa- ra detectar defectos tales como sopladuras. Como existe un grave pro- blema con estas fallas, el muestreo se realizará utilizando una inspec- ción rigurosa.

Debido al gran número de causas que pueden generar los diferentes- tipos de defectos, es difícil en ocasiones ofrecer una solución que re- sulte categórica ya que pueden intervenir muchos factores e inconvenien- tes donde regularmente son específicas de cada fundición, por lo que es muy importante tomar en consideración el aspecto humano para la aplica- ción del control de la calidad, ya que se puede aprovechar su experien- cia para la solución de algunos de los problemas surgidos.

SECCION MAQUINADO.

Se establecerá una ruta de inspección por toda la sección, para re- visar cada una de las especificaciones de las piezas de acuerdo al dise- ño y lineamientos proporcionados por Ingeniería. El Inspector verifica- rá las principales caracterfsticas en 1 ó 2 piezas periódicamente por - cada operario (dependiendo en la criticidad de dicha característica así como de su comportamiento pasado). Cada uno de los resultados serán re- gistrados en una hoja de inspección en proceso (Fig. F), donde se lleva

rá un control de los defectos ocurridos por un mal maquinado o por problemas de fundición como porosidad en las piezas. En el instante en que se encuentre alguna falla en la inspección, se le informará al operario para analizar por qué ocurrió y así corregir el defecto.

Es fundamental capacitar a cada uno de los operarios para que sepan utilizar los instrumentos de medición, sobre todo el Vernier y el Calibrador de Roscas, para que ellos también realicen comprobaciones de su propio trabajo.

En este tipo de proceso, donde el tiempo de duración de cada una de las operaciones es relativamente corto y existe una gran variedad de tipos y tamaños de piezas, resulta prácticamente imposible tratar de establecer algún tipo de muestreo de aceptación; por esta razón se considera más conveniente realizar un control en el proceso en general y no en una pieza en particular. La observancia de la Unidad Standard de Trabajo (U.S.T.), considerada por Control de Producción, ayudará en gran medida a la calidad obtenida.

CONTROL DEL PRODUCTO TERMINADO

En este capítulo se ejercerá básicamente el mismo procedimiento de inspección y se efectuarán las mismas pruebas indicadas en el capítulo anterior, pero también se realizará una revisión de la presentación y acabado del producto; además los resultados obtenidos serán registrados en un reporte de inspección final (Fig. G), donde se anotará principalmente la cantidad y tipo de defectos encontrados, para llevar una estadística que sirva posteriormente a la corrección de dichas fallas.

REPORTE DE INSPECCION FINAL		
SECCION DE MAQUINADO		REPORTE No.
PRODUCTO	TIPO DE INSPECCION	FECHA
FIGURA No.	DIMENSION FIG.	TAMANO DE LOTE
CANTIDAD	TIPO DE DEFECTOS	OBSERVACIONES
_____		INSPECTOR

FIG. 6

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

Se aprovecharán los equipos de pruebas, así como su instalación de este laboratorio perteneciente a una empresa filial de la estudiada.

El principal objetivo del Laboratorio de Control de Calidad es poder controlar cada una de las principales características de las arenas de moldeo, así como la composición del bronce utilizado. Resulta muy importante realizar estos análisis ya que previenen en gran medida los defectos ocurridos en fundición.

Las características analizadas para el control de las mezclas de arena son: Porcentaje de humedad, Permeabilidad, Resistencia a la compresión y al corte y su granulometría. El equipo de pruebas utilizado para obtener estos resultados, son altamente reconocidos en México y también a nivel internacional, siendo éstos garantizados bajo la firma de Harry W. Dietert Company.

El procedimiento seguido para cada uno de estos exámenes se explica a continuación:

PORCENTAJE DE HUMEDAD.- Se selecciona una muestra de 50 grs. de arena, ésta se seca completamente en una estufa y se pesa en una balanza para a continuación determinar el porcentaje de humedad en base a la diferencia del peso obtenido y el original, como se indica en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_o - P_s}{P_o} \times 100$$

donde:

P_o = Peso original de la arena

P_s = Peso de la arena seca.

PERMEABILIDAD.- Para este análisis es necesario el uso de una probeta de arena apisonada, que se obtiene de la siguiente manera: se extrae --

una muestra de arena y se coloca en un patrón o tubo de acero, donde se comprimirá mediante la utilización de un pisón normalizado; el funcionamiento de éste consiste en girar tres veces una manivela que deja caer un peso de 14 lbs. en cada una de sus vueltas, obteniendo con ello la probeta de arena apisonada de 2 pulg. de diámetro por 2 pulg. de altura que se requiere.

Para la obtención de la permeabilidad se coloca la probeta en un medidor llamado permeabilímetro donde éste determina el tiempo que tarda en pasar por la probeta 2000 cm³ de aire; lo anterior se necesita, ya que la permeabilidad se calcula mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Permeabilidad} = \frac{(V) (H)}{(t) (P) (A)}$$

donde:

V = volumen de aire que pasa por la probeta

P = presión de aire existente

A = área o sección de la base de la probeta

H = altura de la probeta

t = tiempo que tarda en pasar el volumen de aire por la probeta (minutos)

El permeabilímetro está normalizado para que nos proporcione los 2000 cm³ de aire, una presión de 10 cm. de columna de agua, así como se mencionó anteriormente, la base de la probeta cilíndrica de arena es de 2 pulg. de diámetro (5.08 cm.) al igual que su altura, por lo tanto tenemos:

$$\text{Permeabilidad} = \frac{(2000) (5.08)}{(t \text{ min.}) (10) (3.1416) (2.54)^2}$$

$$\text{Permeabilidad} = \frac{50.127}{t \text{ min.}}$$

esto implica:

$$\text{Permeabilidad} = \frac{3007.2}{t \text{ seg.}}$$

RESISTENCIA AL CORTE Y A LA COMPRESION.- Estas dos características se obtienen con el uso de una máquina universal, donde comprime una probeta de arena apisonada (obtenida de la misma manera señalada anteriormente). Dicho aparato contiene dos graduaciones ó marcadores que nos indican precisamente cada uno de ellos la resistencia al corte y a la compresión.

GRANULOMETRIA.- Esta análisis se obtiene mediante el uso de un tamiz vibrador, que consta de 11 mallas de distinta trama y colocadas en forma decreciente. Primeramente se extrae una muestra de arena y se lava con sosa cáustica para eliminar sus arcillas (si se trata de una mezcla); una vez completamente pura y seca se hacen pasar los granos de sílice por la serie de tamices indicado donde después de vibrarlos durante cierto tiempo se pesan las cantidades que han quedado en cada uno de los tamices y se expresan en % del total del peso de la muestra. Los valores obtenidos se multiplican por su correspondiente factor K, cuyo valor depende del tamiz y que ha sido determinado por la Sociedad Americana de Fundidores (AFS), se suman todos estos productos y se divide entre el porcentaje del peso total de la muestra. Se muestra un ejemplo a continuación para su mejor comprensión.

BRONCE.- Para obtener la composición del bronce también se tiene equipo apropiado y el método utilizado es el de vía húmeda, que consiste en un procedimiento químico donde por medio de soluciones se obtiene el porcentaje de cada uno de los componentes. Para el desarrollo de este método se selecciona una muestra de 1 ó 2 gramos de bronce y su procedimiento tiene una duración aproximada de 3.5 - 4 horas.

LABORATORIO DE ARENA SILICA

REPORTE No.

FECHA

 RECEPCION
 PROCESO

ANALISIS GRANULOMETRICO

 TIPO DE ARENA
 SAN LUIS

No. MALLA	RETENIDO GR.	RETENIDO %	FACTOR	PRODUCTO
6	—	—	3	
12	0.20	0.15	5	0.75
20	0.50	0.37	10	3.7
30	0.40	0.29	20	5.8
40	2.80	2.06	30	61.8
50	12.30	9.04	40	361.6
70	15.80	11.62	50	581
100	61.90	45.51	70	3185.7
140	31.10	22.87	100	2287
200	2.7	1.99	140	278.6
270	6.8	5.0	200	1000
POLVOS	1.5	1.10	300	330
Total	136	A = 100		P = 8095.95

CALCULO

$$ASF = \frac{P}{A} = \frac{8095.9}{100} = \boxed{80.95}$$

OBSERVACIONES :

ANALISTA

CAPITULO V

ESTUDIO ECONOMICO

Como se señaló anteriormente, en esta empresa se fabrican válvulas de muy diversos tipos y tamaños, así como también de pesos muy variables, por lo que difícilmente se puede desarrollar el estudio de costos para cada pieza o modelo producido, por lo que se optó realizar dicho estudio en base a la producción en peso (Kgs., Ton.) de piezas terminadas con respecto a un período de tiempo. Los datos mostrados a continuación fueron proporcionados por la empresa y su situación económica actual es la siguiente:

PRODUCCION = 20 Ton/Mes de piezas terminadas

PRECIO DE VENTA = \$12,000/Kg.

COSTO DE PRODUCCION = 49% Precio de venta = \$ 5,880.00/Kg.

% DEFECTUOSO (Rechazo) = 25%, donde 10% corresponde al Departamento de Fundición y 15% al Departamento de Maquinado.

	PRODUCCION	C.P.	% DEF.	P.V.
MENSUAL	20 Ton.	\$ 117.6	\$ 29.4	\$ 240
ANUAL	240 Ton.	1,411.2	352.8	2,880

Valores expresados en millones de pesos (\$).

El costo de producción indicado incluye también el costo correspondiente al porcentaje de rechazo de piezas. De dicho rechazo se recupera un 30% de su valor monetario debido a su reproceso, esto implica que la pérdida económica debido a este motivo es del 70% del total de producto defectuoso, por lo tanto se tiene una pérdida anual por este concepto de:

(352.8 Mill) (70%) = 246.96 Millones de pérdidas/año.

Como se puede observar, la cantidad de rechazo así como las pérdidas económicas surgidas por este motivo, son considerablemente elevadas por lo que el presente estudio se enfoca fundamentalmente en la reduc-

ción de dicho porcentaje defectuoso para así obtener mayores beneficios en cuanto a calidad y utilidades al tener una adecuada planeación y --- control de la calidad en toda la empresa.

En el diseño propuesto para el mejoramiento de esta calidad, se re quieren ciertas inversiones que son muy importantes para lograr el obje tivo perseguido, por lo que se muestra el análisis económico que genera dicho estudio:

INVERSION EN EQUIPO		
	PRECIO UNITARIO	PRECIO NETO
2 Durómetros	\$ 70,000.00	\$ 140,000.00
1 Pirómetro	260,000.00	260,000.00
6 Calibradores Vernier	25,000.00	150,000.00
5 Gauges para roscas	8,000.00	40,000.00
4 Compás de interiores	4,500.00	18,000.00
	INVERSION TOTAL:	\$ 608,000.00

Como se indicó en el Capítulo anterior, en la propuesta de este di seño se tiene un considerable ahorro al no requerir una inversión en un Laboratorio de Control de Calidad, ni en equipo utilizado para la reali zación de análisis y pruebas para las especificaciones de arenas y bron ce y que son fundamentales para tener una calidad adecuada.

Es necesaria además la contratación de dos inspectores para que -- ejerzan los procedimientos de control necesarios en los Departamentos - de Fundición y Maquinado respectivamente. Se estima un sueldo de ----- \$ 350,000.00 para cada uno, así como un aumento del 25% cada 4 meses. - La erogación por este concepto se muestra en la siguiente tabla:

PERIODO	CANTIDAD DE MESES	SUELDO MENSUAL	EROGACION
I	4	\$ 700,000.00	\$ 2'800,000.00
II (25%)	4	875,000.00	3'500,000.00
III (25%)	4	1'093,750.00	4'375,000.00
EROGACION ANUAL:			\$10'675,000.00

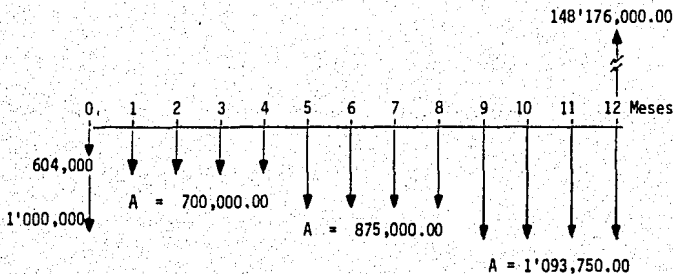
Finalmente, se requiere una inversión por concepto de un curso de capacitación y adiestramiento para el personal, para la adecuada aplicación del control de calidad y sus herramientas estadísticas, así como también un adiestramiento para el conocimiento del manejo de instrumentos de medición para los operarios, considerándose la inversión en --- \$ 1'000,000.00.

Se estima que el diseño propuesto reduce a un 10% los rechazos obtenidos en la producción en el primer año, por lo que se tiene un ahorro con respecto al rechazo actual de:

$$(1411.2 \text{ Mill.}) (0.1) (0.7) = 98.784 \text{ Millones}$$

$$\text{Ahorro} = 249.96 \text{ Mill.} - 98.784 \text{ Mill.} = 148.176 \text{ Millones}$$

La justificación del presente estudio se muestra al calcular el -- rendimiento sobre la inversión realizada. Esta se obtiene con la aplicación de Ingeniería Económica, considerando la inversión propuesta así -- como el ahorro estimado, por lo tanto tenemos:



Obteniendo la tasa mediante ensayo y error tenemos:

$$P = 1'000,000 + 608,000 = 1'608,000$$

$$F = - (700,000) (4) - (875,000) (4) - (1'093,750) (4) + 148'176,000 \\ = 137'501,000$$

esto implica:

$$P = F(P/F, i\%, n)$$

$$1'608,000 = 137'501,000 (P/F), i\%, 12)$$

$$(P/F, i\%, 12) = \frac{1'608,000}{137'501,000} = 0.0117$$

utilizando este factor, se localiza su tasa apropiada en las Tablas para interés compuesto (1) y tenemos que la tasa aproximada es del 40%. - Utilizando este valor se hacen los correspondientes cálculos con respecto al tiempo para determinar si corresponden a la tasa de interés apropiada.

$$0 = - 1'608,000 - 700,000 (P/A, i\%, 4) - 875,000 (P/A, i\%, 4) \\ (P/F, i\%, 4) - 1'093,750 (P/A, i\%, 4) (P/F, i\%, 4) + \\ 148'176,000 (P/F, i\%, 12).$$

considerando $i = 40\%$ y utilizando las tablas anteriormente mencionadas tenemos:

$$0 = - 1'608,000 - 700,000 (1.8492) - 875,000 (1.8492) (0.2603) \\ - 1'093,750 (1.8492) (0.0678) + 148'176,000 (0.0176) \\ 0 \neq - 852,850$$

Esto nos señala que el interés es relativamente elevado, por lo tanto se realiza una prueba con un interés del 35%:

(1) "INGENIERIA ECONOMICA", Anthony J. Tarquin - Leland T. Blank, pág. 339 - 362, McGraw Hill.

$$\begin{aligned}
 0 &= - 1'608,000 - 700,000 (1.9969) - 875,000 (1.9969) (0.3011) \\
 &\quad - 1'093,750 (1.9969) (0.0906) + 148'176,000 (0.0273) \\
 p &\neq 315,386
 \end{aligned}$$

Analizando los resultados obtenidos con los ensayos realizados para una tasa del 35% y 40%, se concluye que el valor buscado se encuentra en este intervalo, por lo que mediante una interpolación se determina la tasa de rendimiento sobre la inversión del presente estudio:

35%	315,386
X %	0
40%	-852,850

$$X\% = 35 + \frac{(315,386 - 0) (5)}{315,386 - (-852,850)} = \frac{36.35\% \text{ Mensual}}{\text{=====}}$$

Esta tasa es equivalente a un rendimiento anual de:

$$(36.35\%) (12) = \frac{436.2\%}{\text{=====}}$$

por lo que el rendimiento obtenido es bastante redituable.

CONCLUSIONES

Es particularmente importante el desarrollo de un sistema de control de calidad en la industria de la fundición, ya que las causas o factores que pueden provocar un defecto o anomalía en sus piezas fabricadas son innumerables y en ocasiones, difíciles de determinar; por esta razón, es necesaria la aplicación de las herramientas estadísticas apropiadas así como un buen sistema de información que nos permita tener una retroalimentación de los problemas surgidos.

Para poder lograr lo propuesto, es fundamental establecer las principales características y especificaciones que deben tener cada uno de los elementos involucrados en la fabricación, para así partir con bases sólidas para la obtención del producto con la calidad requerida. Otro punto que se requiere establecer es el desarrollo completo del proceso de fabricación, para determinar de esta manera las operaciones y procedimientos que tienen mayor prioridad en la aplicación de un control más estricto.

En esta clase de industrias, además de tener un adecuado sistema de control, es necesario contar con la colaboración y experiencia del personal, ya que para diagnosticar y corregir la gran variabilidad de defectos existentes, se debe de aprovechar la práctica e intuición que ellos tienen; por esta razón es muy importante crear una conciencia de calidad en toda la empresa.

Es muy común que en nuestro país algunos empresarios no efectúen inversiones para este tipo de proyectos, ya que desconfían de su rentabilidad y no quieren arriesgar su dinero, pero no consideran que después de un período relativamente corto recuperan su inversión y obtienen grandes ahorros en su producción; además, la empresa adquiere un prestigio más sólido al ofrecer al consumidor productos de mayor calidad y poder incrementar sus ventas y tener una mayor oportunidad para su exportación.

Lograr el desarrollo de esta tesis fue de un gran provecho para mí

ya que he adquirido una gran experiencia al estar en estrecho contacto con el funcionamiento y operación de la empresa y al realizar investigaciones en textos referentes al tema, así como lograr reuniones con personas expertas en la materia.

BIBLIOGRAFIA

1. MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACION
E. Paul De Garmo
Editorial Reverte.
2. CONTROL DE CALIDAD.
H. C. Charbonneau
Editorial Interamericana.
3. ELEMENTOS DE INGENIERIA INDUSTRIAL
Juan José Trujillo
Editorial Limusa
4. CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD
A. V. Feigenbaum
Editorial Cecca
5. CALIDAD DE EXPORTACION
Ing. Pedro Azcue
Instituto Mexicano de Comercio Exterior
6. BIBLIOTECA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
W. Grant Ireson - Eugene L. Grant
Tomo 3
Editorial Cecca
7. LA INSPECCION Y EL CONTROL DE LA CALIDAD
Antonio Sánchez Sánchez
Editorial Limusa
8. MEMORIAS Y REVISTAS DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE FUNDIDORES, A.C.
REGION OCCIDENTE.
9. PROCEDIMIENTOS DE FABRICACION Y CONTROL
Lasheras - Arias
Volumen I
Editorial Cede]

10. INGENIERIA ECONOMICA

Anthony J. Tarquin - Leland T. Blank

Editorial McGraw - Hill