



42
2ej

UNIVERSIDAD LA SALLE

**ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**IMPLANTACION DE UN SISTEMA DE
CONTROL DE CALIDAD EN LA OBTENCION
DE ACEROS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO - ELECTRICISTA
P R E S E N T A:
PABLO RODRIGO VARGAS ZEPEDA**

FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
DEFINICION DEL CONTROL DE CALIDAD	3
CARACTERISTICA DE LA CALIDAD	6
FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD	6
SISTEMA DE CALIDAD	10
CAPITULO II	
DEFINICION DE LOS PROCESOS DE OBTENCION DE ACERO	11
DESCRIPCION DE PROCESOS	15
PROCESO BESSEMER (BOF)	15
PROCESO DE SOLERA ABIERTA (BOH)	23
HORNO ELECTRICO (EF)	33
DIAGRAMA DE LA OBTENCION DE ACERO Y SUS PRODUCTOS	40
COMPARACION DE LOS DIFERENTES PROCESOS DE OBTENCION DE ACERO	41
SELECCION DE PROCESO	43
CAPITULO III	
POLITICAS Y OBJETIVOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD	45
POLITICAS DE CALIDAD	46
OBJETIVOS DE CALIDAD	54
OBJETIVOS INDUSTRIALES DE CALIDAD	56
CAPITULO IV	
DISEÑO DE LA INSPECCION Y DEL CONTROL DE CALIDAD EN LOS LUGARES DE OPERACION	58
TIPOS DE LUGARES DE TRABAJO	60
PUNTOS A VERIFICAR EN LAS AREAS DE OFICINA	64
PUNTOS A VERIFICAR EN LAS AREAS DE INSPECCION Y LABORATORIOS	67
PUNTOS A VERIFICAR EN LAS AREAS DE ALMACENES	70
ILUMINACION PARA INSPECCIONES VISUALES	71
CANTIDAD O INTENSIDAD DE LUZ	73
COLOR DE LUZ	74
DIFUSION DE LA LUZ	76
DIRECCION DE LA LUZ	77
PLANEACION DE LA CALIDAD	78
PLANEACION PARA CUMPLIR LOS OBJETIVOS DE CALIDAD	78
PLANEACION PARA LA ESPECIFICACION DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO	80
PLANEACION PARA LA ESPECIFICACION DEL PROCESO	81
ASPECTOS DE LA CALIDAD DE LA PLANEACION DE LA MANUFACTURA	84
SELECCION DE EQUIPO, PROCESO Y HERRAMIENTAS	85
SELECCION DE INSTRUMENTOS	89

PLANEACION A TRAVES DE LOTES EXPERIMENTALES	90
PLANEACION DEL FLUJO DE INFORMACION ESENCIAL	92
PLANEACION DE LA MANUFACTURA PARA LA CALIDAD Y PLANEACION PARA EL CONTROL DEL PROCESO	93
CAPITULO V	
CONTROL DEL PROCESO	95
PLANEACION PARA EL CONTROL DEL PROCESO	97
ELEMENTOS DEL CONTROL DEL PROCESO	101
ORGANIZACION PARA LA CALIDAD	103
EVALUACION DE MATERIALES	108
CHATARRA COMO MATERIA PRIMA	108
PIEDRA CALIZA Y CAL	109
REFRACTARIOS	111
FERROALEACIONES Y ADITIVOS	112
ELECTRODOS Y CONSUMO DE ENERGIA	114
PRODUCCION DE ACEROS INOXIDABLES EN HORNOS DE ARCO	114
ACEROS INOXIDABLES	114
COMPOSICION DE LOS ACEROS INOXIDABLES AISI	114
PRODUCCION DE ACEROS INOXIDABLES	119
CAPITULO VI	
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	122
PRUEBAS DE CALIDAD	123
INSPECCION TERMICA	123
INSPECCION TERMOMETRICA POR CONTACTO	124
INSPECCION TERMOMETRICA SIN CONTACTO	125
PRUEBA QUIMICA DE IDENTIFICACION DE METALES Y ALEACIONES POR CAMBIO DE COLOR	126
PRUEBA ROCKWELL DE DUREZA (HR)	127
PRUEBAS DE TENSION	128
CONTROL ESTADISTICO	140
PROPOSITO DE RECOLECTAR DATOS	140
HERRAMIENTAS ESTADISTICAS	145
GRAFICAS DE CONTROL MEDIA-RANGO	148
CAPITULO VII	
APLICACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD	153
CAPITULO VIII	
COSTOS DE LA CALIDAD	163
CLASIFICACION DE LOS COSTOS DE CALIDAD	164
SELECCION DE BASES DE MEDIDA DE LOS COSTOS DE CALIDAD	172
METAS DE LOS COSTOS DE CALIDAD	174
APLICACION DE LOS COSTOS DE CALIDAD	175
CAPITULO IX	
CONCLUSIONES	178

FIGURAS

1. ATOMO DE LA CALIDAD	7
2. CORTE ESQUEMATICO DE UN ALTO HORNO	12
3. DIAGRAMA DE EQUILIBRIO HIERRO-CARBONO	13
4. SECCION LONGITUDINAL DE UN CONVERTIDOR BESSEMER	14
5. HORNO DE HOGAR ABIERTO	24
6. CAMBIOS QUIMICOS EN EL BANDO Y ESCORIA EN EL HORNO BASICO DE HOGAR ABIERTO	29
7. HORNO DE ARCO ELECTRICO	36
8. ACTIVIDADES DE CONTROL DE CALIDAD EN EL CICLO DE PRODUCCION	61
9. PLANEACION DE LOS ASPECTOS DE CALIDAD	94
10. DIAGRAMA DE UN SERVOMECANISMO	99
11. DIAGRAMA PARA EL CONTROL DEL PROCESO	100
12. CARTA DE ORGANIZACION PARA UNA PLANTA ACERERA INTEGRADA	107
13. PENETRADOR BRALE	129
14. FORMAS Y DIMENSIONES DE PROBETAS	
14A. PROBETAS RECTANGULARES	132
14B. PROBETAS CILINDRICAS	133
14C. PROBETAS CON DRIFICIO PARA PASADOR	134

TABLAS

1. INTENSIDADES DE LA LUZ RECOMENDADAS EN BUJIAS-PIE	75
2. RESPONSABILIDADES PARA LA ESPECIFICACION DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO	82
3. RESPONSABILIDADES PARA LA ESPECIFICACION DEL PROCESO	83
4. RESPONSABILIDADES PARA LA PLANEACION DE LA MANUFACTURA	86
5. RESPONSABILIDADES PARA LA PLANEACION DE INSTRUMENTOS DE MEDICION, EQUIPOS DE PRUEBAS, ESTANDARES Y OTROS MEDIOS DE MEDICION PARA LA INSPECCION	87
6. CONTROL DE PROCESO Y PREVENCION	98
7. FORMA DE AYUDA EN LA FIJACION DE RESPONSABILIDAD EN LAS DECISIONES DE CALIDAD	104
8. ANALISIS TIPICO PARA LOS ELEMENTOS FUNDENTES BASICOS	110
9. ADITIVOS DEL ACERO	113
10. COSTOS OPERATIVOS DE LA CALIDAD	177

ANEXOS

1. FACTORES PARA COMPUTAR LOS LIMITES DE CONTROL
3-SIGMA (ANSI-ASQC Z1.3)
2. FORMULAS EMPLEADAS PARA EL CALCULO DE LA MEDIA,
RANGO Y LIMITES DE CONTROL
3. EFECTOS DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE ALEACION
SOBRE LAS PROPIEDADES DEL ACERO

INTRODUCCION

INTRODUCCION

Resulta innecesario destacar la importancia que tiene la industria siderúrgica de un país, la cual es considerada como uno de los indicadores principales del grado de desarrollo de una nación.

Los resultados observados por la industria siderúrgica nacional durante el segundo trimestre de 1987, muestran una mejoría respecto a los primeros meses del mismo año. Tanto la producción como el consumo de acero crecieron 14 y 24% respectivamente, alcanzando niveles de 1.9 y 1.7 millones de toneladas. A pesar de lo anterior, las cifras acumuladas al semestre y comparadas con el mismo periodo del año 1986 indican decrementos, en términos de acero, del orden del 7.7% en producción y 14.9% en consumo. Así pues, durante el primer semestre de 1987 se produjeron 3.5 millones de toneladas.

Sin embargo, la tendencia económica observada en el país en la década de los 80's, nos ha colocado en posición de desventaja competitiva. Por lo cual es necesario buscar nuevos caminos que permitan substituir importaciones y desarrollar mejores sistemas productivos para competir tanto en el mercado nacional como en el internacional.

De dichas necesidades, surge el requerimiento de implantar un sistema de control de calidad, basado en el

cumplimiento fiel a la respuesta exacta a los requisitos solicitados por el consumidor.

Puesto que una de las principales características de la calidad es la confianza generada por un producto o servicio, podemos decir que, es la base fundamental para la existencia y crecimiento de la empresa, para la realización del hombre a través de su trabajo, finalmente para servir a la sociedad y lograr el desarrollo adecuado de una nación.

La finalidad del presente trabajo es la de mostrar las herramientas necesarias para implantar un sistema de control de calidad en la industria siderúrgica especialmente en la obtención de aceros inoxidables. Sin embargo, dichas herramientas pueden emplearse para implantar un sistema de calidad en cualquier empresa o institución donde se tengan problemas concernientes a productividad, calidad, costos y actitudes.

CAPITULO I

**DEFINICION DEL CONTROL
DE CALIDAD**

I. DEFINICION DEL CONTROL DE CALIDAD.-

El control de calidad no es una disciplina tecnológica vinculada a las matemáticas y a la administración, sino que es una disciplina universal que está presente en todos los actos que cotidianamente llevamos a cabo y que en alguna forma involucran decisiones en las que se contempla la evaluación de un producto, servicio, resultado, persona, actitud, grupo, etc..

Tanto la palabra calidad como la palabra control tienen diversos significados en la industria. Entre algunos de los significados que tiene el término calidad podemos citar los siguientes:

1. El grado con el que un producto específico satisface los requerimientos de un consumidor específico. Esta es una definición histórica que aún prevalece en aquellas situaciones donde las transacciones comerciales se efectúan directamente entre el productor y el consumidor. Dicha transacción puede denominarse "calidad del lugar del mercado".
2. El grado de satisfacciones potenciales que posee una clase de producto para la gente en general. El término "control de diseño" puede utilizarse para determinar el grado de satisfacción.
3. El grado con el que un producto se ajusta al diseño o especificación. Este es conocido como "ajuste de

calidad".

4. El grado con el cual un producto específico es preferido sobre otros productos competitivos similares. Llamado generalmente "preferencia del consumidor".
5. Un rasgo que distingue al producto como: presentación, apariencia, acabados, vida útil, confiabilidad, etc.. Usualmente es referido como "característica de calidad".

Por otro lado, para la palabra control tenemos los siguientes significados:

1. El acto de dirigir, influenciar, limitar o disponer sobre algo.
2. El acto de verificar o corregir algo.
3. El ciclo planeado de actividades mediante las cuales una serie de eventos se efectúan para verificar la adecuada dirección o el funcionamiento.
4. El ciclo planeado de actividades mediante las cuales se obtiene una significativa mejoría sobre el nivel histórico de desempeño.

El control de calidad no debe estar limitado a que una persona deba manufacturar algún producto de acuerdo a unas especificaciones si dispone de los medios indispensables. Todos los actos trascendentales deben estar regidos por un control de calidad para obtener resultados en beneficio de la sociedad.

El control de calidad es un término de origen reciente y del cual poco se conoce en el medio industrial. Los siguientes significados pueden utilizarse para explicar lo que es el control de calidad:

1. Las funciones o colecciones de deberes que requieren de su interacción en orden para llevar a la compañía a cumplir sus objetivos de calidad.
2. Las herramientas, dispositivos o habilidades por las cuales los deberes relacionados con la calidad son llevados hasta el fin.
3. La unidad específica de organización asignada para cumplir las funciones o para utilizar las herramientas.

El término control de calidad puede ser utilizado para referir a un departamento, y sus funciones varían notablemente de una compañía a otra. La finalidad del control de calidad es la prevención de problemas crónicos descubriendo las causas del problema y aplicando los remedios necesarios para evitarlo.

1.1 Característica de la calidad.

El bloque elemental para la "construcción" de la calidad es la llamada característica de propiedad. Bajo este término quedan definidos los requerimientos de la naturaleza de un bien o servicio, dichos requerimientos son las propiedades físicas o químicas, las dimensiones, la temperatura, etc..

Para cada característica de calidad existe una secuencia invariable de actividades, conocida como átomo de la calidad (ver figura 1).

Un diseñador especifica las características. El ingeniero de procesos establece el tipo de proceso a utilizar para realizar el diseño. Se especifican los estándares de instrumentación y medición. Se capacita al operador para efectuar correctamente el proceso y emplear adecuadamente los instrumentos para elaborar el producto según el diseño. Los inspectores examinan el producto para juzgar su concordancia con el diseño. Los consumidores utilizan el producto y la experiencia del uso se convierte en la base para un posible rediseño, lo cual inicia de nuevo todo el ciclo.

1.2 Factores que afectan a la calidad.

En la frase control de calidad, la palabra calidad no debe tener el significado popular de lo mejor en sentido absoluto. Quiere decir mejor para el consumidor dentro de ciertas condiciones. Dichas condiciones son: a) su uso actual



FIGURA 1. EL ATOMO DE LA CALIDAD. -

y, b) el precio de venta del producto. La calidad de un producto debe considerarse como algo que tiene relación con el costo del mismo.

La médula de la aplicación del control de calidad es el control en el sitio mismo de la producción, durante los procesos de diseño y manufactura, de manera tal que se impida el tener que efectuar correcciones posteriores. Existen dos grandes factores que intervienen directamente en la efectación de la calidad de un producto, siendo éstos:

1. Factor tecnológico: máquinas, materiales y procesos.
2. Factor humano: operadores, inspectores.

De dichos factores, el humano es el de mayor importancia y para evitarlo es necesario controlar la calidad en su punto de origen, es decir, crear en el operario la responsabilidad y el interés por la calidad del producto.

Para lograr el éxito de un sistema de control de calidad en cualquier planta, es indispensable la creación de la intangible pero muy importante conciencia de calidad en todos los rangos, desde los altos directivos hasta el último de los obreros.

Un control efectivo sobre los factores que afectan la calidad de un producto, exige vigilancia en todas las fases importantes de la producción y el servicio. Estos controles se designan con el nombre de tareas del control de calidad y quedan comprendidas en cuatro clasificaciones naturales:

- a) control del nuevo diseño,

- b) control de recepción de materiales,
- c) control del producto, y
- d) estudios especiales del proceso.

El control de un nuevo diseño implica el establecimiento y la especificación de un costo razonable de calidad, del costo de ejecución y estándares que garanticen confiabilidad del producto, eliminando posibles orígenes de fallas antes de iniciar la producción formal.

El control de recepción de materiales comprende tanto la recepción como el almacenamiento a los niveles más económicos y sólo de aquellas partes o materias primas cuya calidad concuerda con las especificaciones requeridas.

El control del producto comprende la operación de controlar en el momento de la producción y el control de servicio en su uso, de tal forma que las desviaciones con relación a las especificaciones de calidad puedan dar lugar a correcciones antes de que sean manufacturados productos defectuosos y de que el servicio en el campo de acción quede siempre asegurado.

Los estudios especiales de los procesos comprenden las investigaciones y pruebas a fin de localizar las causas de producción defectuosa y determinar la posibilidad de mejorar las características de calidad.

1.3 Sistema de calidad.

Podemos definir al sistema de calidad como un mecanismo

que coordina las funciones necesarias para concebir, producir y distribuir un producto o servicio, sin olvidar el servicio de campo. En cierto modo, toda empresa lleva a cabo esta coordinación, sin embargo debido a las deficiencias en el control de calidad, no logra satisfacer el mercado ni alcanzar niveles razonables de productividad. Consecuentemente si una empresa desea ser competitiva debe implantar, de acuerdo a sus posibilidades, un sistema de calidad.

Existen dos conceptos básicos en la organización de un sistema de calidad. El primero de ellos es, que la calidad es responsabilidad de todos, cada componente de la organización tiene una responsabilidad relacionada con la calidad. El segundo concepto se basa en que si bien la calidad es un asunto donde intervienen todos puede convertirse en un asunto de nadie; la alta dirección deberá reconocer que las muchas responsabilidades individuales con respecto a la calidad serán desempeñadas con mayor efectividad si se presentan y se respaldan por una función genuinamente moderna, bien organizada y cuya esfera de acción se concentre en los trabajos de control de calidad.

Todo lo anterior tiene la finalidad de proveer seguridad en la calidad del producto y obtener un costo óptimo para los productos manufacturados.

CAPTULO II

**DEFINICION DE LOS PROCESOS
DE OBTENCION DE ACERO**

II. DEFINICION DE LOS PROCESOS DE OBTENCION DE ACERO.-

La palabra acero tiene su origen en el latín ACIARIUM, de ACIES, que significa filo.

El acero es una aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de otros elementos como: silicio, fósforo, azufre y oxígeno. Esta aleación de hierro y carbono cuenta con una riqueza en carbono comprendida entre el 0.5 y el 1.5 % y es caracterizada por una gran resistencia mecánica.

Para la fabricación del acero se parte de hierro bruto obtenido en los altos hornos (fig. 2). Debido al alto contenido de carbono (2.5 a 4%), es necesario efectuar una descarbonación.

Estructura. El acero esta formado por disoluciones sólidas de mezclas de composición determinada (fig. 3). Las tres principales son:

1. Austenita (menos de 4.3% de C), formada por cementita-carbono disuelta en hierro fundido de fórmula Fe_3C .

2. Ledeburita, eutéctico formado por cementita y austenita.

3. Perlita (0.85% de C), formada por la transformación de la austenita en mezcla de ferrita (forma alfa del hierro puro) y cementita.

Historia. El primer acero líquido fue obtenido en 1740 por Huntsmann, en Sheffield (Inglaterra), por fusión en un crisol calentado en un horno de coque y soplado con aire, a

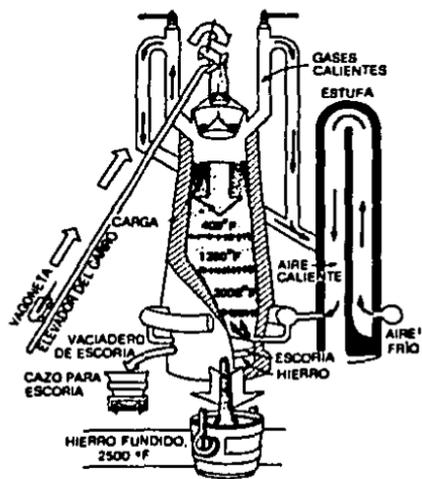


Figura 2. Corte esquemático de un alto horno.

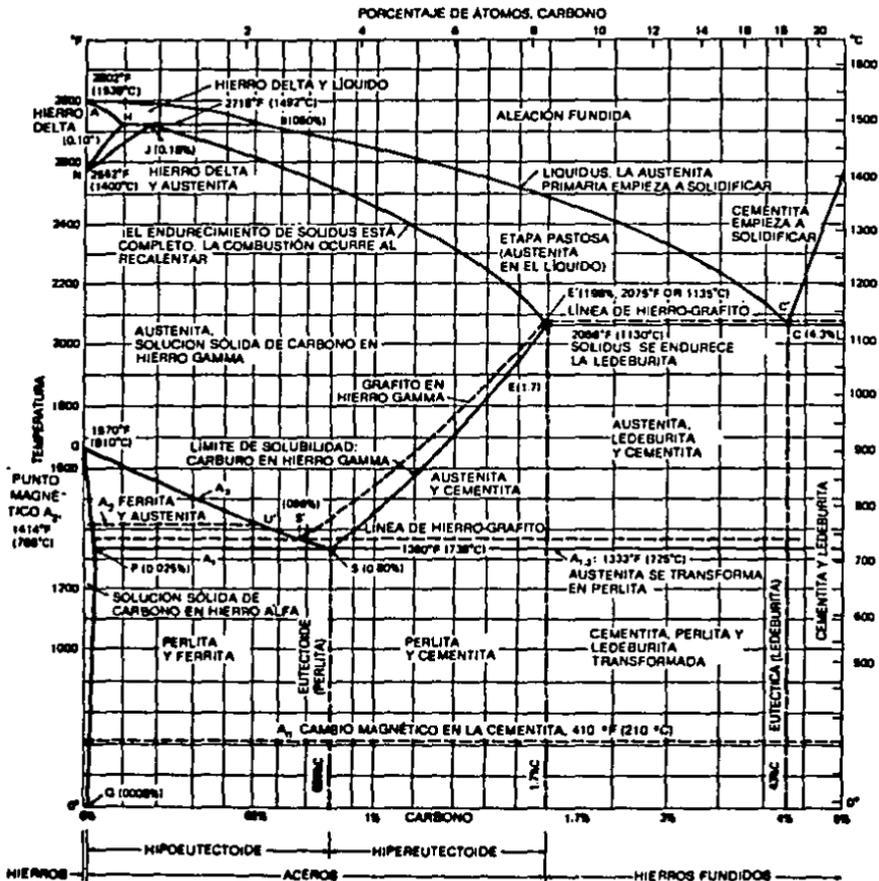


Figura 3. Diagrama de equilibrio hierro-carbono.

partir del hierro forjable obtenido en el afino de la fundición (origen del acero a crisol). La verdadera revolución de la industria del acero se debe a Bessemer (1855), quien consiguió afinar la fundición haciéndola atravesar por una corriente de aire. Simultáneamente, Siemens inventaba un horno con recuperadores para obtener temperaturas muy elevadas, lo cual permitía fundir el acero sobre una tobera. Con este tipo de horno, en 1864, Martin realizó el afino de la fundición con mineral o con la refusión de chatarra, originándose de esta forma el proceso Siemens-Martin. A finales del siglo XIX aparece el procedimiento de horno eléctrico.

Fabricación. Los métodos que han sobrevivido a los ensayos empíricos y se han arraigado como métodos prácticos para obtener los aceros que forman el tonelaje de la producción moderna, son los descubiertos y perfeccionados en los últimos 100 años. El proceso Bessemer (1856), el de solera abierta (1868) y el del horno eléctrico (1900) son hoy los tres métodos más importantes empleados en la producción de acero. En los tres se produce el acero eliminando, hasta un mínimo predeterminado, diversos elementos por oxidación o por formación de escorias por fundentes, añadiendo posteriormente los elementos convenientes en las cantidades exigidas por previo análisis. El principio en el cual se basan los tres métodos es el hecho de que el arrabio o hierro de primera fusión es inapropiado para el trabajo a máquina,

por lo cual debe estar refinado. Si dicha refinación se efectúa eliminando el carbono, manganeso y silicio por oxidación, el proceso se llama ácido. Si a la oxidación se le añade cal o alguna otra base fuerte para separar el fósforo, azufre y silicio, el proceso se conoce como básico.

II.1 Descripción de los procesos de obtención de acero.-

II.1.1 Proceso Bessemer (BOF).

La manufactura del acero Bessemer se inicia por la clasificación del mineral de hierro, el cual no debe tener un contenido mayor de 0.045% de fósforo. A través del arrabio fundido se inyecta aire, cuyo contenido de oxígeno quema el silicio, manganeso y carbono existentes en el hierro; esta oxidación es la única fuente de calor durante el proceso. El metal fundido queda convertido en hierro relativamente puro. Por consiguiente, para fabricar el acero, se añaden al hierro fundido todos aquellos elementos que se consideran necesarios, en las cantidades adecuadas para producir la composición requerida y obtener las propiedades físicas que debe cumplir el acero acabado. Además del convertidor se requiere de un mezclador en el cual se recoge el hierro fundido del alto horno y de un equipo de colada para formar los lingotes de acero.

El convertidor Bessemer (fig. 4) es un gran receptáculo piriforme, construido de plancha de acero y revestido interiormente de ladrillos silíceos refractarios, y

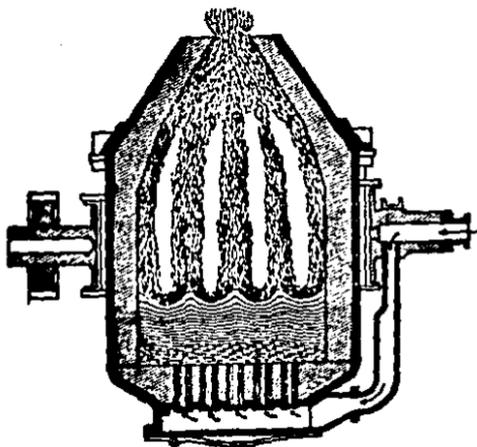


Figura 4. Horno Bessemer.

generalmente está montado por pares) con dimensiones para una capacidad de entre 5 y 27 tons. Está montado sobre ejes o muñones de acero apoyados en cojinetes para permitir el basculamiento para la carga y la colada. Uno de los ejes es hueco y sirve para la introducción de aire a la caja de viento, de doble fondo, situada por debajo del convertidor. El fondo del convertidor o parte superior de la caja de viento tiene 200 o más agujeros de aproximadamente 13 mm de diámetro, por los cuales pasa el aire al convertidor. Dicho fondo es desmontable para permitir la reparación de los defectos causados por la violenta erosión producida por la alta temperatura de la reacción.

El arrabio del alto horno se recoge en el mezclador para producir el mínimo de diferencias de composición en las distintas coladas del horno y para mantener el hierro a temperaturas razonablemente uniformes.

La operación comienza inclinando el convertidor hasta poner en posición horizontal para permitir la carga del hierro fundido del mezclador. Posteriormente, se abre el conducto del aire y se le hace girar hasta colocarlo en posición vertical. El aire, a una presión de 20 psi (1.406 kg/cm²), pasa a través del hierro fundido oxidando el silicio, carbono, manganeso y parte del hierro. Los gases resultantes salen por la boca del convertidor en llamas de color rojo oscuro con humo pardo denso, indicando la combustión del silicio y del manganeso; al mismo tiempo salta

una rociada de chispas del hierro fundido y partículas candentes de la escoria. Al cabo de unos minutos, la mayor parte del silicio y del manganeso ha sido completamente quemada. La transformación de las cortas llamas rojas en largas lenguas de brillante amarillo, que posteriormente se vuelven blancas, indica el comienzo de la eliminación de carbono. Pasados algunos minutos de violenta ebullición, las llamas se apagan rápidamente indicando la realización de la refinación. En este momento se corta la entrada de aire y se inclina el convertidor para impedir que el hierro escurra por los orificios del fondo.

En este momento, el metal existente en el convertidor es hierro fundido con un alto porcentaje de carbono, manganeso y/o silicio, pero con gran cantidad de nitrógeno más otros gases ocultos y óxido de hierro. A partir de este punto se puede obtener la calidad deseada mediante la adición de cantidades convenientes de carbono, manganeso y/o silicio como desoxidantes y recarburadores. Con esto se elimina la mayor parte del gas atrapado, se corrige la tendencia a la fragilidad y se eleva al grado deseado el contenido de aleantes. Los citados elementos se añaden en forma de ferromanganeso, ferrosilicio, antracita y arrabio, de ser necesario se pueden agregar ciertas cantidades de aluminio. Después de que las adiciones han sido perfectamente mezcladas en el baño, se vierte el acero fundido del convertidor en el cucharón de colada, del cual pasan posteriormente a las

lingoteras. Estas pasan al deslingotador donde los lingotes son extraídos y llevados al taller de laminación.

Las muestras para el análisis químico se toman a la mitad de la colada mediante una gran cuchara de acero que se interpone en el chorro del cucharón, entonces se vierte el acero en un pequeño molde y dejándose enfriar se le estampa entonces el número de la partida y se analiza. El resultado del análisis se acepta como representativo de la totalidad de la partida.

La escoria que flota en el acero fundido es, principalmente, el producto de la oxidación del silicio y del manganeso contenidos en el arrabio, y en ella queda atrapada gran cantidad de los gases eliminados. La escoria es retenida mediante una espumadera mientras que el acero del convertidor es vaciado en el cucharón de colada. Después de apartado el cucharón, se pone el convertidor boca abajo, lo cual permite que la escoria caiga en carretillas para ser retirada. La escoria del proceso Bessemer puede ser agregada a la carga de los altos hornos, lo cual permite la recuperación de una porción considerable del manganeso existente en ella.

El operador puede mantener el desarrollo del proceso bajo estrecho control térmico. Si la temperatura del metal es demasiado elevada, se puede disminuir inyectando vapor en el aire de la máquina sopiante o agregando al metal fragmentos fríos de chatarras; si por el contrario, la temperatura es demasiado baja, se inclina el convertidor de modo tal que

algunos orificios del fondo queden al descubierto para que la corriente de aire pase por encima del metal y quemé el monóxido de carbono contenido en el convertidor, de ésta forma se aprovecha el calor emitido por la conversión a bióxido de carbono.

La planta Bessemer típica opera con arrabio conteniendo aproximadamente 4% de carbono, 1% de manganeso, 1% de silicio, 0.1% de fósforo y 0.5% de azufre. Al final de la operación, el metal deberá contener entre 0.02 y 0.10% de carbono, 0.02 a 0.06% de manganeso y de 0.003 a 0.01% de silicio, las cantidades de fósforo y azufre presentan poca variación. Debido a que parte del nitrógeno del aire inyectado quedó atrapado en el metal fundido, éste podrá contener finalmente hasta 0.015% de nitrógeno.

Al iniciarse la hornada, el oxígeno de la corriente de aire y parte del hierro se combinan para formar óxido de hierro, el cual es descompuesto por el manganeso y el silicio:



Los productos finales de estas tres reacciones se combinan para formar la escoria:





La ebullición del metal fundido mezcla íntimamente el hierro con la escoria. Los silicatos de ésta no tienen composición fija, sino que toman o ceden óxido de hierro según lo requieran las ligeras variaciones del equilibrio químico.

De dos maneras se oxida el carbono presente en el metal; ya sea por el oxígeno de la corriente de aire, el cual forma monóxido de carbono, o por el óxido de hierro disuelto en el metal, con formación de bióxido de carbono. El monóxido de carbono se reduce por las fuertes concentraciones de silicio y manganeso:



Después de eliminados el manganeso y silicio, el carbono es atacado por el oxígeno del óxido de hierro disuelto:



o bien,



El recíproco funcionamiento de estas reacciones produce la refinación del hierro. Como son exotérmicas, excepto las reacciones (8) y (9), la operación requiere de la correcta regulación de la temperatura.

El proceso Bessemer tiene dos rasgos peculiares. En

primer lugar, es casi independiente del mercado de chatarras; la carga metálica es de 90% de metal caliente, y sólo el restante 10% es chatarra. En segundo lugar, es el único proceso capaz de producir acero a razón de 900 kg por minuto.

El proceso Bessemer básico (proceso Thomas en Europa) se realiza en un convertidor de igual forma que el del proceso ácido. El revestimiento básico es una mezcla de dolomita calcinada y alquitrán que se episona en las paredes del convertidor caliente. Este forro se coloca para resistir la erosión de la escoria básica, pero no interviene en la química del proceso. El hierro fundido se carga con un octavo de su peso de cal, la cual se combina con la sílice del silicio oxidado por la corriente de aire y forma escoria básica. Cuanto mayor es la proporción de sílice y fósforo (elementos generadores de ácidos), mayor es la cantidad necesaria de cal.

En el proceso Thomas, la sílice se elimina muy rápidamente mediante la escoria básica; pero la separación del manganeso es lenta y no tan completa como en el proceso ácido. El carbono desaparece después de eliminado el silicio. La separación del fósforo comienza una vez desaparecido el carbono y continúa en el período denominado "soplado posterior", durante el cual pasa a la escoria un fosfato cálcico de composición $4CaO \cdot P_2O_5$. Parte del azufre entra en la escoria como sulfuro de calcio, y parte es expulsado en

forma de óxidos de azufre. La escoria del proceso Thomas es igual en peso a una cuarta parte del metal, y como contiene 15% o más de ácido fosfórico, se aprovecha como fertilizante agrícola.

II.1.2 Proceso de solera abierta (BOH).-

Este proceso es más comúnmente conocido con el nombre de hogar abierto o Martin-Siemens. El principio en el cual se basa dicho procedimiento es el siguiente: el arrabio fundido se extiende en capa muy extensa y delgada en el fondo de un horno de reverbero y se cubre con la escoria que contiene óxido de hierro, usualmente enriquecida con terrones de mineral de hierro. La purificación se verifica por oxidación de las impurezas, que en la mayor parte de los casos se diluye mediante el empleo de grandes cantidades de chatarra de acero.

Generalmente se construyen filas de varios hornos de hogar abierto. Cada horno es una estructura de ladrillos reforzada con acero y revestida con materiales refractarios. El hogar es una cuba rectangular poco profunda, en la cual se realiza la purificación (fig. 5).

Las reacciones en el hogar abierto no son lo suficientemente exotérmicas para mantener la temperatura necesaria. Por consiguiente, se necesita una fuente externa de calor. En los primeros hornos de esta clase se empleaba gas de agua producido en un gasógeno con hulla. A partir de

1900, el gas de agua fue reemplazado por combustibles más baratos y accesibles. El gas del alquitrán de horno de coque y subproductos y el combustible son hoy, los combustibles más utilizados.

El horno Martin-Siemens funciona gracias al aire precalentado. En ambos extremos de cada horno están instalados los regeneradores de calor o cámaras de recuperación de calor de los gases de combustión. Son cámaras llenas de ladrillos refractarios escaqueados, por entre los cuales pasan los gases residuales antes de llegar a la chimenea y ceder su calor, que es transferido al aire entrante. Esto se realiza por un sistema de válvulas de mariposa que dejan pasar los gases del horno por una de las cámaras rellenas de ladrillos y con frecuentes intervalos interviene la corriente de gases a fin de que el aire entrante tenga calor suficiente y mantenga en el hogar la temperatura necesaria para la fusión.

Existen cuatro métodos para fabricar aceros en hornos de solera abierta, que se distinguen por la naturaleza de los materiales ferrosos de la carga:

- Arrabio y acero fundido
- Arrabio y chatarra
- Todo chatarra
- Chatarra de acero y arrabio

La mayor parte de las plantas de acero completas utilizan el método de carga de chatarra de acero y arrabio. Los

desperdicios de la propia fabrica, los desechos y restos del taller de laminación, la chatarra comprada y el metal caliente de los altos hornos integran el grueso de la carga, en el que también puede emplearse cierta cantidad de arrabio frío. A veces se utiliza mineral de hierro para regular el descenso del contenido de carbono en el transcurso de la fusión. A continuación se describe este método:

La operación de cargar el horno de hogar abierto comienza por la distribución en la solera de terrones, bastante grandes, de piedra caliza, y si la carga requiere de mineral de hierro, se agrega éste sobre la caliza. A continuación se extiende la chatarra de acero. Encendido el horno, las llamas comienzan a fundir la chatarra; transcurridas algunas horas, tiempo que depende de la rapidez con que se verifique la fusión, empiezan a formarse en el horno charcos de metal fundido. En este momento, en el cual la temperatura del horno es de unos 1370^oC, se agrega el arrabio fundido o "metal caliente". La chatarra que aún no se había fundido se funde ahora rápidamente; al mismo tiempo, la piedra caliza comienza a calcinarse.

A la adición del metal caliente a la carga sigue la "ebullición del mineral", que marca el principio de la fase refinadora de la operación. La carga absorbe calor; se eleva la temperatura; se acelera la calcinación de la caliza, que se descompone en cal y gas carbónico. El desprendimiento de este gas o "efervescencia de la cal", que dura poco más o

menos una hora, agita vigorosamente el metal fundido y ayuda a la refinación. La cal sube a la superficie del líquido metálico burbujeante, recoge el fósforo y el silicio y descompone los sulfuros de hierro y manganeso. Parte del hierro se oxida, y el óxido de hierro participa en la eliminación del manganeso, fósforo y silicio. Con todos éstos se forma una escoria compleja constituida por silicatos, sulfuros y fosfatos de calcio y óxidos de hierro, manganeso y aluminio.

Se deja salir del horno parte de la escoria, la cual se recoge en casos especiales para escoria, con el fin de rebajar el porcentaje de silicio y acrecentar el de la cal en la escoria restante. Una elevada relación de cal a sílice en la escoria favorece la absorción del azufre en forma de sulfuro de calcio.

Hay dos métodos para obtener el correcto porcentaje de carbono en el acero acabado; uno consiste en rebajar el contenido de carbono a menos del grado deseado y recarburar el acero en la proporción conveniente. El otro consiste en detener la eliminación del carbono cerca del punto deseado y sólo requiere de adiciones menores de carbono.

El carbono se oxida formando monóxido de carbono más rápidamente después de haber sido eliminados el silicio y el manganeso. Se acelera la eliminación del carbono mediante fuertes adiciones de metal (mineral de alimentación). El empleo del oxígeno, que aún no es práctica corriente, ha sido

favorablemente acogido por cierto número de plantas. Esta acción llamada "efervescencia del carbono", es mucho más tranquila que la efervescencia de la cal. El monóxido de carbono se desprende en pequeñas burbujas, que arden con llama azul por encima del baño. La escoria se aquieta, formando una superficie cremosa, y si es demasiado viscosa o aterronada, la adición de espato flúor mejora su fluidez.

Se comprueba la temperatura por observación visual y con pirómetros ópticos o de inmersión.

El acero y a veces la escoria se comprueban por análisis químico, mediante el cual el operador calcula las adiciones necesarias para que el análisis del acero de el resultado deseado. Parte de la adición del silicio, si es necesaria, se hace en el horno. Una vez que éste ha sido sangrado y el acero está fluyendo en el cucharón de colada, el cual está colocado debajo del caño del horno, se hechan en el cucharón el ferromanganeso y cualquier otra adición ferrosa. El carbono, además de que se halla en las aleaciones ferrosas se agrega al cucharón como coque o antracita. La figura 6 muestra las variaciones de composición del metal y de la escoria del horno de solera abierta.

El tiempo medio de operación desde la carga hasta la colada es de 8 a 9 horas. En términos generales, un horno Martin-Siemens puede hacer dos hornadas de acero cada 24 horas.

Las reacciones químicas generadas en el proceso de hogar

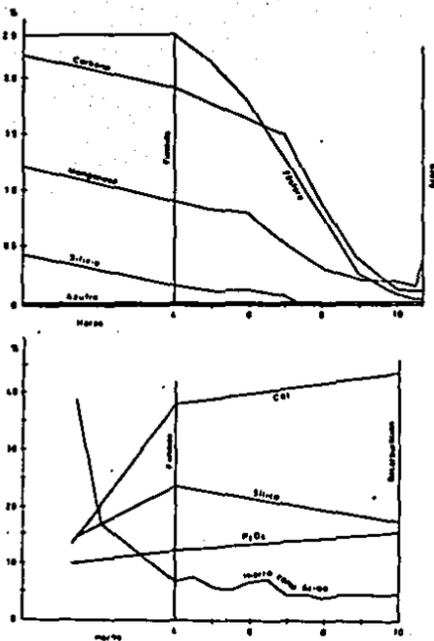


Figura 6. Cambios químicos en el baño y en la escoria en el horno de hogar abierto.

abierto son las siguientes:

La eliminación del silicio, manganeso, fósforo y carbono se realiza por oxidación. El azufre se separa en parte por oxidación y en parte por reacción química con escoria.

El silicio se oxida por la siguiente reacción:



Esta reacción es rápida y casi completa. La hornada media de un horno de hogar abierto contiene menos de 0.010% de silicio en el momento de la colada.

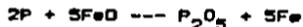
El manganeso se oxida con rapidez ligeramente menor que el silicio y la reacción es la siguiente:



En el metal líquido queda más manganeso que silicio. El manganeso residual es más sensible a la oxidación del baño, a las condiciones de la escoria y a la temperatura. Las siguientes condiciones aumentan la cantidad de manganeso:

- Bajo contenido de oxígeno en el baño.
- Temperatura elevada y con escoria densa con poco oxígeno.

El fósforo es otro de los elementos que han de ser oxidados. Se diferencia del silicio y del manganeso en que rápidamente vuelve de la escoria al baño si las condiciones de la escoria no son adecuadas para retenerlo. La reacción de oxidación es:



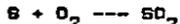
La cantidad de fósforo retenida por el baño sigue muy de cerca la relación cal-silice y el óxido de hierro de la escoria. En las escorias básicas con relación cal-silice de 3:1, el fósforo residual de la hornada corriente es de 0.010 a 0.15%.

El carbono no se oxida rápidamente mientras el silicio y el manganeso no hayan sido eliminados en gran parte. La reacción es:



El carbono desciende rápidamente hasta 0.05% aproximadamente, mediante grandes adiciones de mineral y nueva cocción puede ser finalmente reducido de 0.015 a 0.02%.

El azufre es oxidado probablemente sólo en el período de fusión y cuando su contenido es extremadamente elevado, lo que explica la práctica seguida de cargar en último lugar la chatarra de alto contenido de azufre antes de agregar el arrabio. Prescindiendo del azufre que se absorbe de un combustible muy sulfurado, la reacción sería:

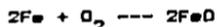


La eliminación del azufre del baño se realiza en la forma siguiente:



A veces, cierta cantidad de azufre queda retenida en la escoria como sulfato de calcio.

El hierro se oxida por los gases durante la fusión:



Después de quedar el baño cubierto por la escoria, el oxígeno transferido por ésta continúa oxidando el hierro.

Los elementos susceptibles de ser oxidados en el proceso básico de hogar abierto son el hierro, carbono, manganeso, fósforo y silicio, así como el cromo, vanadio, aluminio, titanio, tungsteno, niobio y zinc procedentes del mineral, de la chatarra de otro material. La oxidación de algunos elementos, particularmente del fósforo, se hace por acciones reversibles, de modo que los elementos pueden ser reducidos y devueltos de la escoria al hierro según ciertas variaciones en el horno o en las condiciones de la escoria. Algunos elementos (cobre, níquel, molibdeno, cobalto, estaño y arsénico), por ser su afinidad por el oxígeno menor que la del hierro, no se oxidan y quedan en el metal.

La escoria del proceso básico del hogar abierto en una planta completa puede llevarse al alto horno para recuperar parte del manganeso.

El horno ácido de solera abierta está revestido con una arena silicea, que es de naturaleza ácida y requiere escoria saturada de sílice. Por consiguiente, las materias primas deben tener bajos contenidos de fósforo y azufre, porque

éstos no pueden ser eliminados por las escoria ácidas.

II.1.3 Horno eléctrico (EF).-

En 1880, William Siemens concibió la idea de utilizar la energía eléctrica como fuente de calor en los hornos metalúrgicos. Los diversos tipos de hornos eléctricos contruidos para la producción de acero abarcan casi todos los sistemas empleados para servirse de la energía eléctrica. Es importante indicar que la energía eléctrica se utiliza solamente en calidad de fuente de calor y no comunica propiedades especiales al producto.

Horno de inducción de alta frecuencia.- Este horno es muy útil para fundir masas experimentales o pequeñas partidas de ensayo de aceros especiales. Es sencillamente un horno de fundición, que, aunque desprovisto de una refinación verdadera, puede usarse para mezclar cantidades pesadas de materiales ya refinados.

El horno de inducción más típico es el Ajax, que tiene un crisol refractario rodeado de un serpentín de cobre enfriado por agua, el cual sirve de circuito primario. El calor desarrollado por la corriente alterna de alta frecuencia funde la carga. Los hornos mayores de inducción, cuya capacidad es de 4 a 4.5 tons., son muy importantes para fabricar herramientas de acero así como los aceros al silicio utilizados en la industria eléctrica. Los tipos más pequeños funden masas que pesan una onza, o menos, lo cual los hace

muy útiles para la fusión al vacío en trabajos de investigación.

Hornos de baja frecuencia tipo anillo.- Este horno de inducción tiene un baño anular situado en el hueco de la armadura laminar de un transformador algo grande. El metal fundido en el baño es el circuito secundario en el transformador. El primario está constituido por un enrollamiento de cobre tendido sobre el techo del horno. Este horno funciona a unos 9 cps y funde alrededor de 5.5 tons. de acero, de las cuales una tercera parte queda en el horno como circuito eléctrico para iniciar la siguiente tarea. Se usan principalmente para regenerar chatarra.

Horno de arco eléctrico.- El horno de arco eléctrico ha desplazado al proceso de crisol utilizado durante 200 años para producir calidades especiales de acero. Este tipo de horno ocupa hoy el segundo lugar en la producción anual de acero. El horno eléctrico más utilizado es el de Heroult de tres electrodos y tres fases con un solo transformador.

El horno de acero eléctrico puede tener revestimientos ácidos o básicos. El revestimiento del fondo no participa en el proceso de refinación; sirve como recipiente del metal fundido. El horno ácido (revestimiento de sílice) requiere del empleo de escorias ácidas las cuales no eliminan el fósforo ni el azufre. El revestimiento del horno básico permite la utilización de las escorias básicas que son factor importante en la eliminación de ambos.

El casco del horno de arco eléctrico (algunos tienen 6 m de diámetro por 3.3 de profundidad) está hecho de planchas de acero soldadas o remachadas formando una estructura reforzada por vigetas (fig. 7). Está montado en balancines que permiten la inclinación del horno para la colada. El horno común tiene dos puertas: una para la carga opuesta al caño de colada, y la otra para el trabajo situado a 90°. El revestimiento de ladrillos es de magnesita y cubre todo el fondo, las paredes y hasta más arriba de la sección expuesta a la escoria, y sobre el cual está el fondo de trabajo hecho de dolomita con alto contenido de óxido de magnesio. Por encima del nivel al que llega la escoria, las paredes pueden ser de ladrillos de sílice o de magnesita con forro de metal.

El techo es un domo de ladrillos de sílice con tres aberturas de 50 cm para los electrodos, estos últimos pueden ser de carbono cocido o de grafito.

Generalmente, el horno eléctrico trabaja con chatarra. El hierro de primera fusión puede ser parcialmente refinado en el horno de hogar abierto o en el convertidor Bessemer, y posteriormente cargado en el horno eléctrico para su refinación total.

En el horno eléctrico ordinario la chatarra, que constituye el grueso de la carga, se extiende con las piezas más gruesas al fondo y las más ligeras encima. Se agregan piedra caliza, mineral de hierro o escamas de laminación y

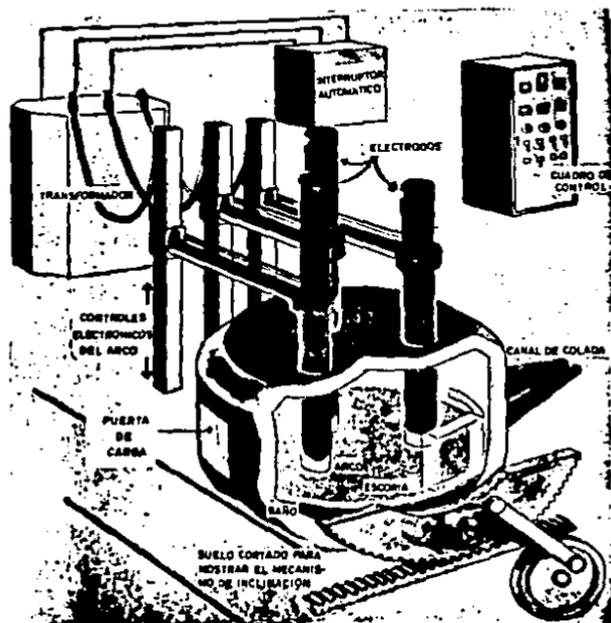


Figura 7. Horno de Arco Eléctrico.

tal vez aleaciones ferrosas. Aplicada la corriente y fundida la chatarra en parte, formando charcos de metal en el fondo del horno, se añaden escamas de laminación o mineral de hierro. La caliza y el mineral se descomponen eliminando los elementos oxidables en forma de escoria, como en el proceso de hogar abierto.

En los aceros corrientes sólo es necesario ajustar las condiciones de la escoria, de tal forma que el acero tenga la temperatura y composición deseadas. Entonces, se puede efectuar la colada. Este método es conocido como "escoria negra".

Tantos los aceros de aleación como los inoxidables requieren de mayor tratamiento. Después de fundida la chatarra y recubierta con la escoria fundida se procede a efectuar el análisis del acero. Si la refinación ha progresado lo suficiente, se inclina ligeramente el horno para retirar completamente la escoria negra a fin de separar del acero fundido el fósforo, la mayor parte del azufre, y parte del manganeso, silicio y cromo de la carga inicial. El acero fundido se cubre entonces con una mezcla de cal, arena, coque y espato flúor. Esta mezcla se funde formando una escoria reductora "blanca" que esencialmente consta de silicato y carburo de calcio. El espato flúor da a la escoria el grado de fluidez deseado. La escoria blanca desoxida al acero tomando el oxígeno del óxido de hierro disuelto.

En algunos casos, se añaden otros desoxidantes como el siliciuro de calcio y el aluminio-silicio.

Además de su capacidad para eliminar el azufre del acero, el horno eléctrico básico tiene la propiedad de mantener el acero fundido por largo tiempo en atmósferas no oxidantes, permitiendo regular exactamente la temperatura y ajustar la composición.

A juzgar por la experiencia, el horno de arco eléctrico es el instrumento más eficaz para regular la temperatura, el tiempo de reacción y la composición, factores esenciales en los procesos de manufactura de acero, además este tipo de horno produce aceros de gran uniformidad dentro de límites de composición muy estrechos. Cuando se ha alcanzado el equilibrio de tiempo, temperatura y composición, se hacen las adiciones necesarias de ferroaleaciones, se sangra el horno y se recoge el acero en el cucharón de colada.

Las reacciones que se producen en la fase oxidante del horno eléctrico son idénticas a las del horno de hogar abierto. El silicio, manganeso, fósforo y parte del azufre pasan a formar parte de la escoria oxidante. El resto del azufre es separado después de formada la escoria reductora, la cual es aproximadamente el 2% del peso del metal fundido y está compuesta por seis partes de cal viva, una de arena, una de espato flúor y una de coque. La eliminación del azufre por la escoria reductora comprende cuatro reacciones:

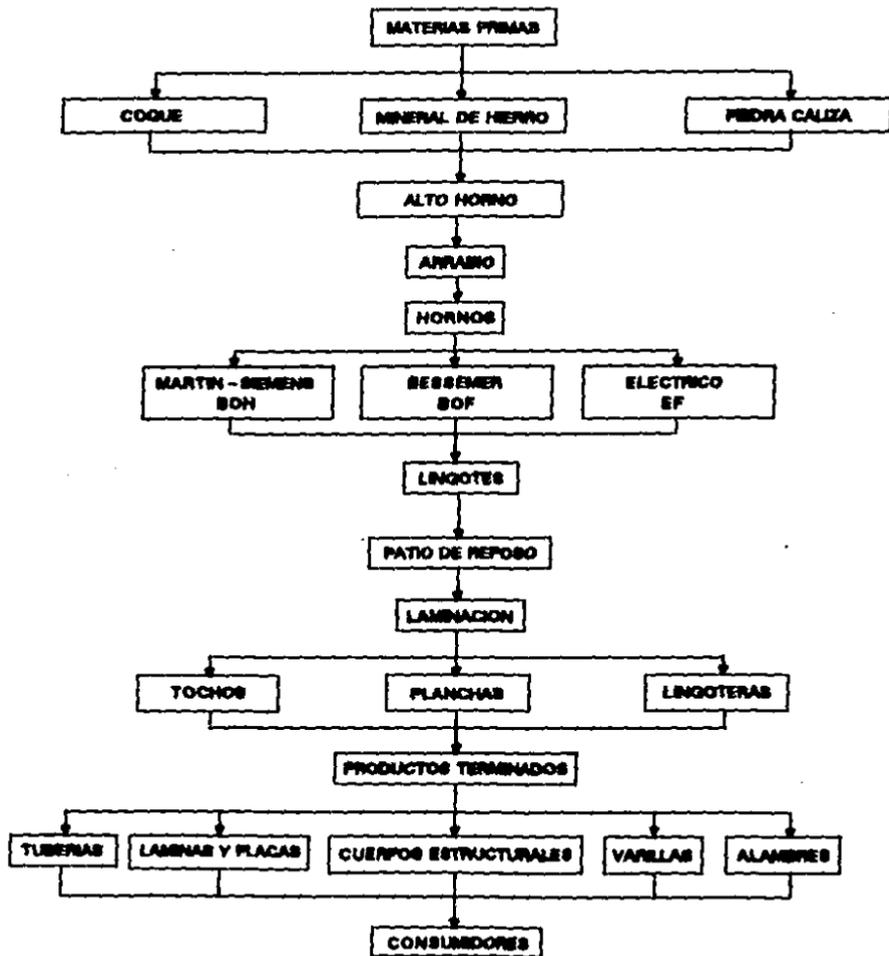




La escoria reductora del horno eléctrico es muy potente para eliminar el azufre. Muchos aceros fabricados por este proceso contienen alrededor de 0.010% de azufre.

En general, la regulación de la temperatura y el ajuste correcto de la composición por el método de las dos escorias hace posible la producción de aceros limpios bajo cuidadosa inspección.

EL DIAGRAMA DE LA OBTENCION DE ACERO Y SUS PRODUCTOS. -



II.3 Comparación de los diferentes procesos de obtención de acero.-

Solvo algunas excepciones, los principales aspectos económicos, y metalúrgicos de los tres procesos de obtención de acero de mayor importancia, pueden resumirse en la siguiente tabla:

PROCESO	SOLEPLA ABIERTA (BOM)	OXIDERO BASICO (BOF)	AWCD ELECTRICO (EF)
Inversión original	Alta	Baja a media	Variable, pero es baja si se incluye fundición continua
Tamaño de planta mínimo económico ton/año	Sobre 2 millones de toneladas	1/2 millones de toneladas	Cualquiera, dependiendo de la capacidad deseada
Costo de operación	Medio	Bajo	Medio a alto, especialmente para aceros alados, bajo cuando el costo de la energía es barato
Flexibilidad de materias primas	Alto, pero se prefiere un oxígeno de 0,2% de P. Nada de metal caliente en la práctica de metal frío) o de 25 a 75% de chatarra balanceada; pueden emplearse óxidos	Bajo, de 45 a 50% de metal caliente; pequeñas cantidades de óxidos o 90% de metal con óxidos	Bajo, nada o casi nada de metal caliente, excepcionalmente hasta el 40%; normalmente del 70 al 100% de chatarra, hierro frío balanceado; del 0 al 50% de hierro reducido directamente
Combustible	Gaseoso o líquido o ambos	Ninguno (oxígeno + metaloides)	Ninguno (calentamiento por arco)
Requerimientos de energía eléctrica	Bajo (solo como auxiliar)	Bajo (solo como auxiliar); plantas de oxígeno, alto	Alto (de 450 a 600 kWh/ton); alto para plantas de oxígeno

PROCESO	SILENA ABIERTA (SBA)	DESEMBO BARICO (DBB)	ARCO ELECTRICO (EF)
Utilización de oxígeno	Medio	Alto	Baja para aceros no aleados; medio para aceros aleados
Productividad por hora	Metálico frío: bajo de 8 a 20 tph metal caliente: 25 a 70 tph	Alto, de 150 a 530 tph	Medio, de 20 a 60 tph; de 50 a 80 tph con meta; caliente
Flexibilidad de producto (rango)	Medio, en aceros al carbono y de baja aleación	Caso DBB	Alto, en cualquier acero incluyendo los de alta aleación
Precisión en el control	Buena	Baja C, buena; alto C, favorable	Muy buena
Contenido típico de H (%)	0.003-0.006	0.002-0.006	0.008-0.016, 0.004-0.007 para prácticas especiales
Rangos en el tamaño de hornos, tons.	Metálico frío: 50-100 tons. metal caliente: 90-450 tons.	50-350	50-400 (5-50 en fundiciones ferrosas y prácticas de alta aleación)
Frecuencia de carga y vaciado	Intermitente, a menos que se tengan varios hornos	Alto, cada hora o menos	Igual que SBA

II.4 Selección de proceso.-

Seleccionamos el proceso de arco eléctrico debido a las siguientes razones:

1. Independencia de la utilización de metal caliente; la carga natural de un horno de arco es chatarra y coque o chatarra de fundición de hierro como descarburizador. Sin embargo pueden emplearse metal caliente o hierro de reducción directa.

2. Alta productividad (20 a 80 tph).

3. Relativo bajo costo del horno de arco.

4. Generalmente los hornos son del tipo basculante lo cual permite una fácil remoción de la escoria.

5. El calor está bien concentrado como radiación entre el arco y la resistencia de la carga. Como resultado, fácilmente se puede controlar la temperatura en forma precisa y la eficiencia térmica es alta, especialmente porque no existe paso de aire de combustión hacia el horno, los arcos son la única fuente de calor; se pueden obtener altas temperaturas con facilidad.

6. Debido a la ausencia de aire, es posible obtener condiciones no oxidantes, haciendo posible una desulfurización de alta eficiencia, especialmente a altas temperaturas.

7. Como resultado de las posibilidades de la refinación bajo escorias neutrales o reductoras, la oxidación de las cargas puede mantenerse a bajos niveles, garantizando

pérdidas mínimas por oxidación de las ferroleaciones. Por la misma razón, se pueden agregar grandes cantidades de ferroleaciones, permitiendo la producción de aceros de alta aleación.

8. Los hornos pueden ser detenidos o arrancados sin daños mayores a los refractarios utilizados, esto hace posible efectuar operaciones de mantenimiento una o dos veces al día o parar en fin de semana.

9. Debido a la ausencia de exceso de aire y gases de combustión, se requieren de instalaciones compactas de limpieza de polvos.

Sin embargo, existen tres desventajas que deben considerarse:

1. Gran dependencia en los precios de la chatarra, puesto que un horno de arco puede cargarse hasta con el 100% de chatarra.

2. Existe susceptibilidad a la contaminación del acero por elementos residuales contenidos en la chatarra.

3. Existe una tendencia hacia la absorción y retención del hidrógeno y nitrógeno; el primero es altamente perjudicial en los aceros de alta calidad y el segundo es defino en los aceros empleados para productos planos. Eliminando la humedad en todas las fases del proceso y el uso holgado de oxígeno reducen el problema del hidrógeno, mientras que una rápida fusión puede mantener las cantidades de nitrógeno por debajo del límite de dificultad.

CAPITULO III

POLITICAS Y OBJETIVOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

III. POLITICAS Y OBJETIVOS DEL SISTEMA DE CALIDAD.-

La secuencia de eventos a través de los cuales la industria conduce sus asuntos es, en teoría, como sigue:

1. Establecimiento de las políticas de la compañía, es decir los amplios principios con los cuales son guiadas las acciones de la compañía.
2. Establecimiento de los objetivos de la compañía, es decir los hechos que han de ejecutarse y los niveles de realización que han de alcanzarse.
3. Establecimiento de los planes para lograr dichos objetivos.
4. Organización para cumplir con los planes.
5. Selección y capacitación de la gente que va a ocupar los diferentes puestos dentro de la organización.
6. Estimulación de la gente para realizar los objetivos planeados.
7. Revisión de resultados contra metas, e influir sobre las diferencias.

Esta misma secuencia de actividades es empleada para establecer y lograr políticas y objetivos de calidad.

Todas las organizaciones tienen, en mente o por escrito, principios, creencias, etc., que son guías amplias de su conducta administrativa. Tales guías descansan sobre bases filosóficas y éticas de las personas, y son el resultado de una reflexión profunda de los valores heredados y de las

experiencias propias de cada individuo. Por otro lado, se pretende que las guías tengan un uso continuo y duradero para que actúen como estabilizador dentro de las organizaciones y como base de las relaciones entre compañías.

En las organizaciones pequeñas, en donde un hombre toma todas las decisiones, esas guías están en la mente del administrador; tal persona opera de acuerdo a su código de conducta.

Sin embargo, al crecer las organizaciones más y más gerentes toman decisiones significativas que afectan a personas y valores dentro y fuera de cada una de sus industrias, y en no pocas ocasiones, también los mismos gerentes resultan afectados.

La toma de decisiones sin base alguna arriesga la estabilidad de las empresas, por lo cual se hace necesario establecer guías que aseguren la predicibilidad de las acciones y consecuencias. A dichas guías les denominamos políticas.

III.1 Políticas de calidad.-

La palabra política no tiene un significado uniforme dentro de la industria. La política se refiere a los principios básicos con los cuales se guían las acciones de la compañía.

Una política de calidad generalmente es una colección de declaraciones breves como el siguiente ejemplo:

"Es política de la corporación que sus productos cumplen los estándares de calidad, confiabilidad y comportamiento requeridos por el consumidor, las normas oficiales y las especificaciones internas".

Aún cuando las declaraciones pudieran ser vagas deben proporcionar guías para:

- Acciones concretas,
- asuntos vitales,
- aspectos legales,
- relaciones dentro y fuera de la organización,
- asignaciones claras por áreas de responsabilidad, y
- comunicación.

Aplicadas a la función de calidad, algunas de las cuestiones básicas que requieren de la determinación de una política son:

- 1.- Estándares de partida de calidad.
- 2.- Modelos de relaciones con clientes, incluyendo las éticas de advertir verdaderamente el límite de la duración de la garantía del producto y el punto de rigidez o flexibilidad de las reclamaciones del cliente sobre defectos.
- 3.- El alcance de la dirección para ajustarse al reconocimiento y satisfacción de las necesidades de calidad del cliente.
- 4.- El modelo de relaciones de los vendedores.
- 5.- El límite de utilización de métodos no personales de supervisión, por ejemplo: objetivos, planes, reportes, metas,

control, auditoria, etc., en contra de la supervisión personal.

Lo anterior no es una lista completa, pero sí incluye algunas de las más importantes cuestiones sobre política que requieren de respuesta.

Es importante tener por escrito todas las políticas relacionadas con la calidad, puesto que:

a) La política escrita fuerza a aquellas personas que están comprometidas a resolver problemas a profundizar más antes de la realización.

b) La política escrita puede ser comunicada en forma autoritaria y uniforme, estableciendo legitimidad y por lo tanto minimizar malas interpretaciones.

c) La política escrita permite la práctica de una auditoría contra la misma política.

d) La política escrita provee una base para la administración por la concordancia de objetivos en vez de una administración por crisis u oportunismos.

Mientras que es responsabilidad de la alta dirección el ver que las cuestiones sobre política sean resueltas, la misma gerencia raramente efectúa pasos positivos para su dirección. En cambio, surgen situaciones específicas y las decisiones gerenciales son hechas para toparse con dichas situaciones. De estas series de situaciones, la política surge como un principio común, viéndose a su tiempo reducida a la forma escrita. Así pues, la política es usualmente

establecida por la síntesis de decisiones pasadas.

Existen algunas situaciones en las cuales la ausencia de una política de calidad bien definida es la principal limitación para el progreso de la compañía, desatando un mayor problema de calidad. No obstante, la situación puede continuar debido a:

1.- Carecen de un diagnóstico interno para descubrir que el problema real es la ausencia de una política definida.

2.- Se efectúa el diagnóstico interno pero está encaminado a problemas técnicos y su perspectiva no está lo suficientemente encaminada para captar que el establecimiento de una política de calidad es la solución.

3.- La gerencia media está enterada de la necesidad de la creación de una política definida, pero no toma la iniciativa por la creencia de que es responsabilidad de la alta gerencia. Es un error de la gerencia media el permanecer ajeno a cualquier teoría; por lo cual, debe seleccionar sus propias propuestas referentes a políticas de calidad y proponerlas a la alta gerencia para su aprobación. Dicho sometimiento a aprobación puede efectuarse a través de comités (como el Comité de Calidad), a través de los miembros de los departamentos staff (Departamento de Control de Calidad) o a través de la línea regular de supervisión.

La elección de políticas es un asunto que concierne a cada compañía. Sin embargo, existen principios básicos de aplicación general. A continuación citamos algunas

consideraciones de interés:

- Definición del nivel socio-económico del usuario.
- Situación de calidad del producto:
 - líder
 - competidor.
- Definición de las habilidades del producto.
- Énfasis en los factores dominantes (gente, equipo o materiales).
- Responsabilidad por la calidad.
- Relaciones interdepartamentales, compañía-usuarios, compañía-proveedores.
- Participación de la alta gerencia.

Políticas corporativas.-

Cuando las compañías crecen y se involucran en múltiples mercados y productos, resulta evidente que deben existir políticas corporativas ya que cada mercado y producto presenta requerimientos diferentes. Una política corporativa comprende los siguientes aspectos básicos:

1. Establece que es de aplicación general:

- a) Propósito de tener por escrito y publicar las políticas.
- b) Definición de calidad y otros conceptos básicos.
- c) Acciones.
- d) Políticas de calidad estándar para

mercados relacionados o similares.

- e) Plan de auditoría para verificar el control de calidad de cada planta.
- f) Posición ante el consumidor y los organismos oficiales.

2. Delegación de autoridad a las plantas o compañías subordinadas para establecer las políticas de calidad apropiadas a sus necesidades tomando como base las políticas corporativas. Esta libertad de establecer políticas particulares obedece a que cada mercado o producto tienen sus requerimientos específicos de tipo legal, mercado, tradiciones, tecnologías, etc..

Apego a las políticas.-

Se debe enfrentar la responsabilidad de que una política no se cumpla. Para evitar esta situación es indispensable que, antes de publicar una política, las partes involucradas estén bien enteradas y de acuerdo en la publicación aclarando cualquier discrepancia que pudiera existir. Si este aspecto no se cuida, la opinión de los observadores (usuarios, compañías, estado) puede concluir que no existe confiabilidad o credibilidad en lo que se promete y el resultado puede ser una pérdida substancial de mercado.

Técnicas para formular una política de calidad.-

Un requisito para cualquier trabajo analítico de la calidad es una presentación clara de la política y de los objetivos que persigue la compañía en lo que se relaciona con

calidad. Mientras la compañía no conozca hacia donde marcha respecto a la calidad de los productos y los niveles estándar, no habrá base para establecer planes funcionales. La política debe establecer los límites dentro de los cuales las funciones del negocio asegurarán decisiones relacionadas con la calidad y una línea de la acción adecuada al logro de sus objetivos.

Una de las contribuciones principales del ingeniero de control de calidad consiste en ayudar a la formulación de la política de calidad. Para que esta ayuda sea efectiva, el ingeniero de control de calidad debe formarse un concepto general de la calidad, especialmente en los que se refiere a las demandas de los consumidores. En particular, identificará las decisiones en conexión con la calidad y, los problemas que probablemente se presentarán en su resolución. Como consecuencia podrá organizar la documentación que tenga que ver con la política de la calidad de la compañía.

-Identificación de decisiones. En primer lugar, el plan de producción se integrará, paso a paso, desde el diseño del producto, su producción y la forma en que el producto será puesto al alcance del consumidor, con los servicios que deben presentarse. Todas las decisiones que se tomen en el campo de la calidad se identificarán individualmente, en detalle.

Se identificarán, igualmente, las limitaciones que gobiernen las decisiones que aseguren alcanzar los objetivos de la empresa. Estas limitaciones marcarán líneas de

conducta, dentro de las cuales, los gerentes tendrán oportunidad para tomar decisiones y actuar a fin de obtener los resultados deseados.

-Identificación de los problemas. Se hace una lista de los problemas que se han presentado, en cuanto a circunstancia, respecto a determinado producto durante su evolución, durante los servicios prestados a los consumidores, etc.. En cada caso, se inquiriere cómo se reveló el problema en cuestión. La siguiente consideración por plantear será:

¿Qué medio preventivo se podría haber utilizado para evitar la presencia de tal problema?

El elemento de la política por establecer se identifica, dando lugar a esta pregunta: ¿Qué política se recomienda para que las decisiones que se tomen sean las correctas? .

Una vez que los elementos de política han sido establecidos por medio del uso de técnicas de identificación de decisiones y de problemas, entra en actividad la tercera área de formulación de políticas, la documentación:

-Documentación de la política. Existen diversas formas de presentación que pueden usarse y que varían según las necesidades de cada compañía. Muchas de estas formas, son fundamentalmente efectivas como medio de comunicación escrita a los gerentes de las compañías. Sin embargo, recomendamos una forma que básicamente contiene los puntos siguientes:

Título.

Necesidad de adaptarse a la política.

Declaración de la política (en ésta se definen los intereses básicos que deberán resguardarse para el bien de la compañía).

Medidas de acción (estas son procedimientos que sirven para dar forma a la política).

Responsabilidad y autoridad (esta área define las posiciones y los nombramientos que tienen responsabilidad en la organización para hacer efectiva la política y para interpretarla).

Definición de términos (cuando sea necesario).

Con el fin de asegurarse de la observación de la política de la calidad y para contribuir a su propia implantación, se considera necesaria una comunicación formal con los directivos responsables de la administración del trabajo funcional dentro de la empresa.

La mejor manera de lograr este objetivo es proporcionar a cada uno de ellos un libro de hojas removibles que contengan todos los elementos relativos a la política de calidad. Cuando algunos de éstos caduca se puede reemplazar por una nueva edición.

III.2 Objetivos de Calidad.-

Un objetivo es una finalidad específica accesible, un resultado, o una meta, capaz de ser tan definido para servir como base para un plan de acción.

Los objetivos tienen un pequeño significado a menos que se presenten por escrito. En adición, los objetivos deben ser cuantitativos, dado que es la única manera de que estén claramente definidos.

Existen razones precisas para elaborar objetivos cuantitativos por escrito:

1. Los objetivos claramente definidos ayudan a la concordancia de las ideas de los directivos.

2. Un objetivo claro tiene en sí mismo el poder para estimular una acción.

3. Los objetivos claramente definidos son un prerrequisito necesario para hacer avanzar a una empresa sobre bases planeadas.

4. Sólo los objetivos claramente planeados permiten una subsecuente comparación del cumplimiento contra el objetivo.

También es necesario distinguir entre los objetivos para ejecutar cambios y los objetivos para prevenir cambios. Existe una necesidad para cada uno de estos objetivos sin embargo, la planeación, la forma de organización y los métodos de ejecución difieren ampliamente para cada clase de objetivo.

Las organizaciones obtienen sus resultados a través del establecimiento de metas y objetivos específicos y realizables, tales metas y objetivos son la base para la planeación.

El concepto de "Administración por Objetivos" es muy

amplio y únicamente nos referimos a la mecánica general de este concepto:

1. La empresa, ya sean los altos directivos o dueños, definen lo que desean.
2. Se discute la naturaleza del objetivo, es decir se determina su realización en un plazo razonable.
3. Se establecen metas y controles, haciéndose las asignaciones correctas.
4. Cada departamento en base a los objetivos de la empresa define los objetivos de apoyo, establece metas y controles y efectúan las asignaciones.
5. Con una frecuencia semanal, mensual o trimestral, según se estime sea necesario, se hace una revisión de lo real contra lo establecido en los objetivos, procediéndose a tomar las acciones correctivas si fueran requeridas.

Es importante tener en cuenta que los objetivos deben ser medibles y deben estar directamente relacionados con su correspondiente área de responsabilidad.

Los objetivos para la ejecución de cambios debe mantenerse por medio del perfeccionamiento de los niveles presentes de funcionamiento. Por otra parte los objetivos para prevenir cambios se efectúan por medio de la conservación de los actuales niveles de funcionamiento.

III.2.1 Objetivos industriales de calidad.-

A continuación se enumera una lista de los objetivos que

deben cumplir los sistemas de control de calidad:

1. Mejor control de calidad.
2. Menor desperdicio de productos debido a bajos muestreos.
3. Detección temprana de tendencias adversas a la calidad.
4. Mejoramiento del equipo empleado.
5. Tolerancias adecuadas a través de un mejor conocimiento de las capacidades del proceso.
6. Recuperación adecuada y a tiempo de la información de calidad por parte de los supervisores.
7. Reducción aguda de los costos de inspección por medio del énfasis en el cambio de la inspección por la prevención.

En general, todos los objetivos y políticas de cualquier empresa deberán estar encaminados tanto a reducir las pérdidas debidas a defectos como a perfeccionar la calidad de los productos que van directamente a los consumidores. No hay que olvidar que también se debe tener en cuenta la mejora de la calidad de las ventas, el fomento de la mentalidad de la calidad y la reducción de costos de inspección.

CAPTULO IV

**DISEÑO DE LA INSPECCION Y DEL
CONTROL DE CALIDAD EN LOS
LUGARES DE OPERACION**

IV. DISEÑO DE LA INSPECCION Y DEL CONTROL DE CALIDAD LOS LUGARES DE OPERACION.-

La calidad de un producto se ve afectada en todas las etapas de su proceso de producción. El ingeniero que concibe las especificaciones y las garantiza afecta a la calidad en igual forma que el inspector que examina el producto para comprobar la conformidad con estas especificaciones. Así pues, el sistema de control de calidad deberá cumplir con cuatro tareas básicas a saber:

- La primera puede denominarse control de nuevo diseño. Esta comprende todos los esfuerzos efectuados para elaborar un nuevo producto, cuyas características mercantiles han sido seleccionadas, cuyos parámetros se han establecido y comprobado por medio de pruebas típicas, cuyos procesos de fabricación se han estudiado en su estructura así como en sus costos iniciales y cuyos estándares de calidad han sido especificados. Tanto los diseños del producto y del proceso son revisados para eliminar posibles motivos y dificultades en la calidad, antes de que se proceda a la fabricación con el fin de lograr un mantenimiento adecuado y eliminar tropiezos en el aseguramiento de la confiabilidad del producto. En el caso de producción en cantidades o en volumen, el control sobre el nuevo diseño termina cuando los trabajos piloto han comprobado un comportamiento satisfactorio en cuanto a producción. En lo relacionado a

producción por lotes, la rutina termina en el momento en que se inicia la producción de las partes componentes.

- La segunda tarea del control de calidad consiste en el control de la materia prima. Esta comprende los procedimientos de aceptabilidad de materiales, partes y componentes comprados a otras empresas, o tal vez provenientes de otras unidades dentro de la misma compañía.

Se establecen especificaciones y estándares como normas de aceptación de materias primas, partes y componentes. Se aplican ciertas técnicas de control de calidad a fin de lograr la aceptación de costos (los más económicos). Estas técnicas incluyen la evaluación de calidad de los proveedores, la certificación de venta de materiales, partes de componentes, muestreo de aceptación y pruebas de laboratorio.

- Una vez que los diseños han sido aprobados y que se han recibido las herramientas, materiales, partes y/o componentes, entra en juego el tercer elemento de control de calidad: el control de un producto. El control del producto tendrá lugar en el sitio de la producción para que las correcciones a aplicar se lleven a efecto con oportunidad y evitar la manufactura de productos defectuosos. Dicho control no solamente comprende los materiales y productos elaborados, sino que también alcanza los procesos que imprimen en el producto las características de calidad durante su elaboración. El control trata de proporcionar un producto

que cumpla su cometido satisfactoriamente durante el periodo de vida útil que se le supone y bajo las condiciones en las cuales será usado. Por lo tanto, abarca o comprende calidad después de la producción y en el campo de servicio garantizando al consumidor que el producto cumplirá con sus funciones.

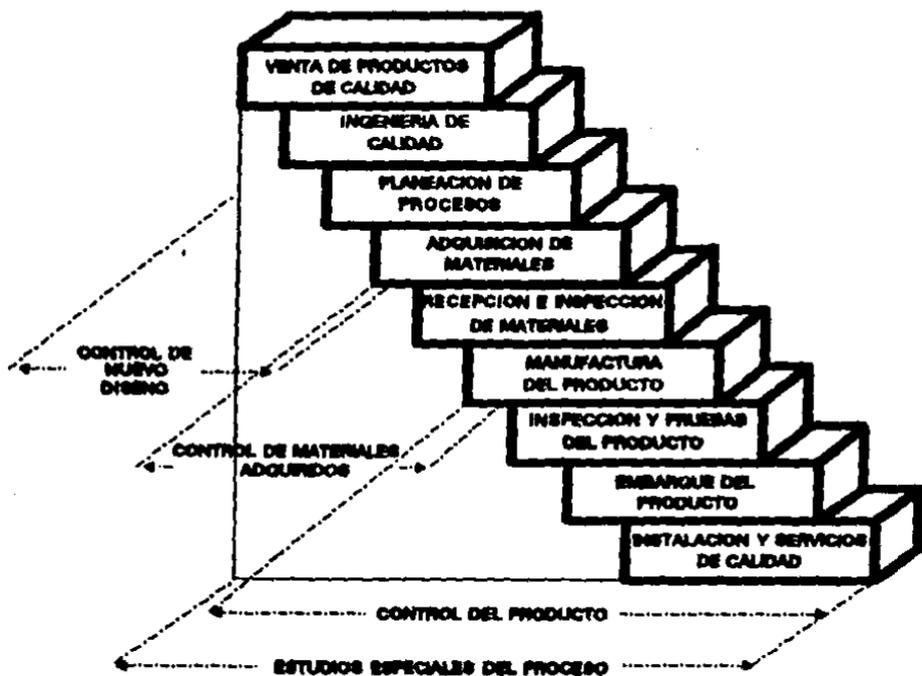
- La cuarta tarea de control de calidad es la de estudios especiales sobre el proceso. Estos se refieren a investigaciones y pruebas que ayudan a localizar causas que originan el producto defectuoso. La eliminación o control de esas causas no solamente mejoran o perfeccionan las características de la calidad sino que ayuda a reducir los costos.

En la figura 8 se muestra la marcha de los cuatro principios de control de calidad durante el proceso de producción.

IV.1 Tipos de lugares de trabajo.-

Las funciones del control de calidad deben estar dirigidas, en su mayoría, por una serie de inspecciones a través de laboratorios estadísticos, equipos de ingenieros de campo y toda clase de laboratorios de pruebas. Resulta pues que los lugares de trabajo para inspección de control de calidad no deben estar limitados sólo a las estaciones de inspección, laboratorios de normalización o a las auditorías de almacén. La planeación del espacio y las facilidades para

FIGURA 8. ACTIVIDADES DEL CONTROL DE CALIDAD EN EL CICLO DE PRODUCCION. -



los posibles puntos de referencia requieren del trabajo combinado de ingenieros mecánicos, industriales, químicos y eléctricos, para lograr un diseño efectivo.

En cualquier inspección u operación de prueba, el ingeniero de calidad debe determinar primeramente la función a efectuarse; seguida del método por el cual ésta será efectuada; y finalmente los detalles de ubicación, equipo, espacio proyectado y personal requerido para la implementación del método. Puesto que el diseño de los lugares destinados al control de calidad es sólo un medio para obtener un propósito, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones referentes a la función y a métodos de operación. No se puede proyectar un área de pruebas no destructivas sin antes saber en que consistirán dichas pruebas. Antes de decidir cualquier método de prueba, se debe definir detalladamente el tamaño y la forma de los especímenes a probar, el método y la frecuencia de posicionamiento, las máximas distancias focales, y muchos otros detalles antes de poder considerar los requerimientos de espacio y proyecto.

Así pues, entre los lugares posibles para la existencia de puestos de calidad pueden estar: oficinas, áreas de inspección, laboratorios y espacios de almacenamiento.

1.- Áreas de oficina:

ejecutivos y supervisores,
dependientes y proyectistas,

ingeniería de calidad o diseño estadístico.

2.- Areas de inspección:

unidades móviles de inspección y pruebas,
laboratorios de mediciones,
estaciones de inspección.

3.- Areas de laboratorio:

físico,
metalúrgico,
metalográfico.

4.- Areas de almacén:

muestras estándar,
reportes,
películas fotográficas o radiografías.

En párrafos posteriores se enumerarán una serie de puntos a comprobar en relación a los propios lugares destinados a la inspección y el control de calidad. Sin embargo, existen algunos principios comunes para todos los lugares planeados:

- a) Anterior a cualquier proyecto preliminar se debe elaborar un estudio en el cual se refieran los medios antiguos y recientes empleados para estos propósitos en otras empresas en orden de aprovechar los buenos lineamientos y obtener provecho de los errores.
- b) En todos los casos, el área proyectada para ser utilizada como zona de inspección o control de calidad deberá estar planeada cuidadosamente para cumplir con las funciones requeridas a costo mínimo

total. Esto debe incluir el tener en cuenta la utilización del espacio efectivo a un costo mínimo del mismo; la máxima conveniencia y comodidad para el personal mejorando la eficiencia y reduciendo desperdicios; el acceso conveniente de los materiales y equipos para reducir pérdidas de tiempo y acarrees innecesarios.

- c) Estas áreas deberán estar planeadas en coordinación con otras actividades o políticas de la empresa, teniendo en cuenta las futuras ampliaciones, cambios de producto, reorganizaciones, etc..
- d) Para adecuarse a los cambios inevitables de los productos o en los métodos, las áreas deberán estar estandarizadas y ser lo suficientemente prácticas, y permitir así las inversiones económicas para condiciones futuras.
- e) Todos los requerimientos de seguridad deben estar considerados con todo el cuidado necesario, incluyendo el cumplimiento con las leyes actuales y el adecuamiento anticipado a los cambios en regulaciones de seguridad. Esto es particularmente importante en los lugares donde se trabaja con altas temperaturas, altos voltajes y humos tóxicos.

IV.2 Puntos a verificar en las áreas de oficina.-

Cierta parte del personal de calidad desempeñará funciones como oficinistas, otros elaborarán trabajos

ingenieriles o desarrollarán proyectos, y aún otros cuantos efectuarán trabajos de supervisión o funciones ejecutivas. Los requerimientos de las oficinas varían conforme a las diferentes funciones, pero son en general similares a aquellas requeridas por otros grupos industriales con funciones correspondientes. En una gran compañía, el proyecto de área de oficinas normalmente es elaborado por el ingeniero de planta o por el grupo de ingeniería industrial. Aún así, el gerente de control de calidad deberá asegurarse que se tomen en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Espacio suficiente: Para un eficiente trabajo de oficina, se requiere de un promedio de entre 5.5 a 6.9 m² por empleado. Esto considera tanto escritorios como archiveros. Las oficinas individuales, o una gran cantidad de archiveros por empleado, requerirán aún de más espacio. En consideración a los requerimientos de espacio, el gerente de calidad debe considerar no sólo al personal presente sino al posible aumento de personal a corto o largo plazo.
2. Acceso conveniente a las zonas de trabajo y a los otros departamentos. Normalmente, los ingenieros y los supervisores de control de calidad, y frecuentemente todo el personal del departamento de calidad, trabajan en forma cercana con otros grupos, tales como los departamentos de producción, proveedores y clientes.

Tanto los ingenieros como los supervisores de calidad deben tener sus oficinas o sus escritorios localizados lo más convenientemente posible dentro de las áreas asociadas a la producción. El ingeniero relacionado con la admisión e inspección de materias primas debe estar, perfectamente, localizado físicamente en el área de recepción de materiales. Se deben tomar en cuenta las posibles ventajas de integrar a todo el departamento en una sola área. En algunos casos, los sistemas modernos de comunicación, incluyendo circuito cerrado de televisión, pueden ayudar al departamento de calidad.

3. Bienestar o comodidad del personal. Desde un punto de vista puramente económico, el gerente de calidad debe insistir sobre la conveniencia de la comodidad de la buena iluminación, tranquilidad, y (si es necesario) espacios acondicionados para el personal de oficina o técnico. Normalmente, los beneficios de incrementar el rendimiento y disminuir los errores no son más que la compensación por gastos adicionales en control de ruido, sistemas de aire acondicionado e iluminación adecuada. En el caso de los ingenieros, la experiencia concuerda en que tener oficinas privadas ayuda en gran forma a incrementar el rendimiento. En cualquier caso, todos los trabajos que requieran de altos niveles de concentración deberán tener áreas

que eviten la menor distracción.

IV.3 Puntos a verificar en las áreas de inspección y laboratorios.-

En contraste con el amplio predominio y la naturaleza estandarizada de las áreas de oficina, las zonas de inspección y laboratorios son mucho menos numerosas, pero más especializadas en funcionamiento. Lo anterior se deduce de la función de cada una de dichas zonas, mientras que las áreas de inspección tienen como objetivo fundamental el verificar el buen desarrollo del proceso, los laboratorios tienen la función de comprobar las características de calidad de los productos. En consecuencia, los departamentos de ingeniería de planta o ingeniería industrial generalmente tienen una experiencia limitada en diseño y proyectación de las áreas de laboratorios e inspección. Es por eso que corresponde al gerente de calidad dar una atención particular en la eficiente planeación de dichas áreas. Esta planeación debe incluir los siguientes puntos:

1. Requerimientos especiales de equipo. Gran parte de las piezas que forman parte de los equipos requieren de algún sistema de aire acondicionado, de que la vibración sea mínima, de facilidades para el mantenimiento, o altos niveles de limpieza para obtener la operación más efectiva. Se deben tener en consideración estos requerimientos para cualquier método especializado o equipo complejo.

2. **Distracciones del personal.** El ruido, las altas temperaturas, el tráfico y cualquier otra distracción reducen la efectividad de los inspectores y de los técnicos. Para requerimientos de pruebas del tipo de audio, olor o sabor, dichas distracciones pueden ser especialmente molestas.
3. **Iluminación.** Es esencial el tener una buena iluminación.
4. **Áreas de supervisión y entrenamiento.** Se debe tener en cuenta que cualquier área de inspección y laboratorio requiere de un lugar para un escritorio, además del espacio necesario para el trabajo en conjunto del inspector y su ayudante.
5. **Flujo de materiales.** El flujo de materiales dentro, fuera o a través del área de inspección o laboratorio debe considerarse muy cuidadosamente y planearse para lograr la máxima eficiencia. Un proyecto adecuado reducirá en gran forma los requerimientos físicos del técnico, haciendo posible la contratación tanto de hombres como de mujeres. Se debe considerar que se pueden presentar cuellos de botella si la zona de inspección no ha sido cuidadosamente planeada, permitiendo que parte de la producción se detenga por reparaciones, disposiciones especiales o decisión de los supervisores.
6. **Flexibilidad.** La flexibilidad es especialmente

importante en la planeación de los espacios de laboratorio e inspección, puesto que se deben considerar los posibles cambios en la composición del producto, en los volúmenes de producción, en los métodos de prueba, etc..

7. Espacio de almacenamiento. Es necesario proveer a estas zonas de espacio suficiente para herramientas, refacciones o pertenencias personales.
8. Comodidad personal. Los planes para la comodidad personal deben incluir los puntos citados bajo el mismo tema en las áreas de oficina. Además de considerar las necesidades de la altura, movimiento y cambios de posición, etc.. Por añadidura, se tiene que considerar en el diseño de la planta la posibilidad de emplear a personal minusválido.
9. Trabajos de intendencia. El trabajo de intendencia debe efectuarse en toda la extensión de las zonas de inspección y pruebas, incluyendo escritorios, archiveros, etc..
10. Comunicaciones. Las comunicaciones deben estar planeadas de tal forma que proporcionen un pronto servicio a los centros de producción, aseguren una rápida información de los laboratorios, y también que se asegure una decisión inmediata de los superiores.
11. Seguridad. La seguridad debe, por supuesto, ser considerada como se describe líneas arriba.

12. Estaciones portátiles. Donde los instrumentos de medición, las unidades de rayos X, etc., son movilizadas de lugar en lugar de la planta, las estaciones portátiles merecen una consideración especial. El gerente de calidad debe estar seguro que los diseños de dichos laboratorios móviles tomen en cuenta la seguridad de los inspectores y de los técnicos (como también de todo el personal dentro del área).

IV.4 Puntos a verificar en las áreas de almacenes.-

Es especialmente importante considerar que tipo de método para almacenar datos va a emplearse antes de proyectar esta área. Los métodos de almacenamiento de datos tales como las micropelículas, discos flexibles o cintas magnéticas, pueden ser de gran ayuda en la reducción de espacio y más convenientes para la reutilización de datos particulares. Se puede dar el caso de que los archivos o almacenamiento de datos estén centralizados por un departamento de servicio. En cualquier caso el gerente de calidad debe verificar las facilidades de almacenamiento y los métodos adecuados conforme a lo siguiente:

1. Resguardos adecuados contra daños atmosféricos o por mal manejo. Si los registros van a ser almacenados, se deben tomar en cuenta los requisitos de seguridad contra robos, incendios o inundaciones, etc..
2. Requerimientos para disposición final. Este punto

debe considerarse en los sistemas de almacenamiento para que los artículos almacenados no sean acumulados sin ningún orden, sino que al contrario, estén en concordancia con las cédulas de tiempo.

3. Fácil localización. La facilidad de localización es vital para el uso eficiente del material almacenado y debe estar relacionada con la frecuencia de utilización. Un buen sistema debe tener construidos resguardos contra errores de intendencia o de archivado. Este deberá incluir identificaciones propias en tales artículos como películas de rayos X, muestras estándar, etc., para que estos sean plena e inequívocamente identificados.

IV.5 Iluminación para inspecciones visuales.-

A pesar del uso incrementado de pruebas más complejas, distribución automática y muestreo estadístico, la inspección visual repetitiva continúa siendo la forma más común de control de producto en casi todas las industrias. En adición, el uso de la vista es esencial en la mayoría de las medidas de precisión, pruebas de laboratorio y trabajos de inspección. Todas estas actividades requieren de una adecuada iluminación.

Cabe mencionar que las decisiones correspondientes a iluminación (instalación y nivel) son responsabilidades del ingeniero de planta y no de los grupos de ingeniería industrial o métodos. En tanto que es lógicamente indudable

desde diversos puntos de vista, esta asignación puede resultar en un sobre énfasis del costo, mantenimiento y uniformidad de instalación, descuidando las necesidades de iluminación en las zonas de inspección y control de calidad. Indudablemente, el transcurso del tiempo ha traído consigo el entendimiento incrementado de que la buena iluminación contribuye directamente en la seguridad, eficiencia, salud y satisfacción de los empleados. Si en cierto momento se incrementan los niveles de iluminación, tienen que considerarse los posibles problemas causados por dirección, aspereza y color de la luz. De cualquier modo, toda la atención adicional prestada será indudablemente útil para lograr la máxima efectividad de las operaciones. Más aún, cada año se generan nuevos problemas debidos al desarrollo de nuevas técnicas de pruebas, los cuales representan retos nuevos y únicos en cuestión de iluminación.

Todo gerente de calidad debe tener en mente las observaciones de C.P. Steinmetz: "el arte de la ingeniería de iluminación comprende a dos ciencias diferentes, la física y la fisiología" (1). Es necesario que se cuente con la ayuda de los departamentos de personal y médico, así como de un ingeniero en iluminación para resolver en forma adecuada el problema de la iluminación.

(1) "Radiation, light and illumination", McGraw Hill Book Co.

Para evitar problemas posteriores de iluminación, es necesario considerar los cinco aspectos siguientes:

1. Cantidad de luz o intensidad.
2. Color de la luz (distribución de la longitud de onda).
3. Difusión de luz, es decir como afecta la suavidad o la dureza de la luz en la formación de sombras.
4. Dirección de la luz, respecto al objeto y al observador.
5. Contraste del transfondo, la diferencia tanto en la intensidad como en el color entre la luz sobre el objeto visto y la luz sobre el transfondo o áreas circundantes.

En adición a estos cinco aspectos generales, existen muchas otras situaciones especiales tales como: a) fluctuaciones, las cuales pueden presentarse en un grado inconveniente y no siempre son notadas conscientemente (particularmente en el caso de instalaciones de tubos fluorescentes); b) costo de iluminación (ventajas económicas de las instalaciones); y c) capacidad calorífica (particularmente en zonas con aire acondicionado o espacios cerrados y pequeños).

IV.5.1 Cantidad o intensidad de la luz.-

La intensidad de la luz es la medida de la cantidad de luz que cae sobre el objeto a inspeccionar, normalmente en bujías-pie (una bujía-pie es la cantidad de la intensidad de la luz a un pie de distancia desde una unidad luminica

estándar. Un bulbo incandescente de 100 Watts, sin reflexión, tiene un nivel de aproximadamente 5 bujías-pie a una distancia de 5 pies). La habilidad de ver detalladamente no puede ser utilizada como una indicación de una iluminación suficiente, puesto que el ojo humano se puede adaptar por sí mismo a niveles indeseablemente bajos, pero sólo con un incremento tanto de fatiga de la vista como de tiempo de entendimiento. Es deseable contar con niveles altos de intensidad de luz cuando se requiere de la observación de detalles finos, y son esenciales en el caso de inspecciones rápidas y continuas. En la tabla 1 se muestran los valores recomendados para iluminación en casos de inspección.

IV.5.2 Color de luz.-

El color generalmente es medido por la distribución de la longitud de onda o por la temperatura del color (temperatura a la cual un sólido negro resplandece dentro del color de luz equivalente). El color de la luz es importante para la inspección debido a las siguientes razones:

1. En problemas de similitud de colores los artículos pueden asemejarse bajo un color de luz.
2. Ciertos defectos visuales, tales como rechupes, fisuras, porosidades, etc., se muestran más claramente bajo ciertos colores que con otros.
3. Ciertos colores tienen efectos psicológicos y fisiológicos sobre los inspectores mismos.

En adición, el color puede acrecentar o disminuir la

Tabla 1. Intensidades de las recomendadas, en hojas-pie.-

	inspecciones ocasionales	inspecciones continuas
Trabajo en oficinas generales	30	50
Inspeccion preliminar (defectos vistos facilmente)	30	75
Inspeccion normal estrecha para detalles finos	75	150
Herramientas precisas o aparatos de medicion o instrumentos finos de inspeccion	100-300	no efectuada
Determinaciones criticas	300-500	no efectuada

apariciencia de muchos articulos.

En el caso de similitud de color, es normal comparar estas similitudes bajo dos diferentes luces. Si los materiales conservan su similitud debajo de ambas luces, entonces seràn normalmente similares bajo cualquier luz.

Para la detecci3n de defectos puede utilizarse una luz de transfondo que resalte el contraste entre las zonas defectuosas y las zonas correctas. Normalmente dicha luz de transfondo està en el extremo opuesto del espectro del defecto del color si el defecto tiende a ser mäs oscuro que el àrea circundante.

Psicol3gicamente se cree que la luz verde ayuda a tranquilizar o calmar las emociones. Por consiguiente, es el color de pared mäs frecuentemente seleccionado en àreas para pruebas de olor, sabor o audio, donde se desea la màmima concentraci3n.

Realmente es importante el color de transfondo en la detecci3n de variaciones de color; para detectar semejanzas de color se utiliza una luz grisàcea neutral. Tambièn puede utilizarse un trasfondo contrastante con un matiz de aproximadamente la misma luminosidad.

IV.5.3 Difusi3n de la luz.-

Para la detecci3n de defectos en las superficies, tales como fisuras, una luz fuerte que emita una sombra penetrante puede permitir que el defecto sea observado mäs fàcilmente que con una luz difusa. Por otro lado, las manchas opacas o las variaciones ligeras de color en articulos altamente

pulidos permiten la detección de defectos sólo bajo una luz tenue o difusa.

Las instalaciones de luces fluorescentes son las más frecuentemente utilizadas en las áreas de inspección, y la tendencia es propicia a incrementar la suavidad de las sombras. Aún así, puede decirse que una luz fuerte o intensa es mucho más práctica para detectar los diferentes tipos de defectos. En adición, la variación de la intensidad a través de luces concentradas (spots) es aún más deseable en concentrar la atención del inspector o del operario, teniendo en cuenta que no es necesario utilizar algún contraste de trasfondo. En aquellas inspecciones en donde ni la forma ni la textura son importantes, es especialmente ventajoso la utilización de toques de luz angulados.

IV.5.4 Dirección de la luz.-

Para la detección de formas o texturas, la dirección de la luz es igualmente importante como la difusión de la luz, la dirección debe ser tal que realce a los defectos, haciéndolos, así, más fáciles de localizar. En muchos casos, la máxima detección de defectos puede lograrse con una iluminación por encima de la cabeza del inspector, con resultados brillantes. El ingeniero de calidad debe también considerar la posibilidad de una polarización de la luz y, en algunos casos (tales como la detección de manchas brillantes sobre las superficies normalmente opacas) debe tener en cuenta la utilización de métodos de exploración automáticos

para detección en lugar de los métodos convencionales de inspección.

IV.5.5 Iluminación de trasfondo.-

Como se comentó anteriormente, la tendencia moderna es iluminar las áreas industriales y de inspección con una luz difusa y uniforme. Sin embargo, podemos decir que el contraste en el trasfondo con un ratio de aproximadamente 3:1 en intensidad, y ocasionalmente una variación en el matiz del color, no sólo permite detectar los defectos más fácilmente, sino que también reduce la fatiga y la monotonía por parte del inspector.

IV.6 Planeación de la calidad.-

IV.6.1 Planeación para cumplir los objetivos de calidad.-

La palabra "planeación", como aquí se utilizará, comprende las reparaciones necesarias para cumplir con los objetivos. La planeación no tiene un fin por sí sola, es solamente un medio para realizar los objetivos. La planeación se inicia con la clarificación de los objetivos y termina cuando estarán a punto para su ejecución.

La actividad de la planeación (*) incluye principalmente:

- Organización por ejemplo: asignación de responsabilidades.
- Estipulación de los medios físicos.

(*) La planeación generalmente incluye pronósticos, descomposición de los objetivos, tablas de tiempo, disposición para revisión de planes, etc..

- Estipulación de los métodos y procedimientos.
- Selección y capacitación del personal.
- Estipulación de las mediciones de los resultados.

Es frecuente encontrar la repetición de algunos objetivos y para evitarlo se han desarrollado algunos planes de uso general. Estos planes incluyen la planeación para:

- Especificación de materiales y productos.
- Inspección, pruebas, y aceptación del producto.
- Prevención de defectos.
- Reportes de calidad.
- Coordinación de las gestiones de calidad.
- Organización de las funciones de calidad.

La planeación de la calidad debe estar considerada en relación con la secuencia entera de actividades a través de las cuales la necesidad del mercado finaliza con el inicio de una producción y venta a gran escala. Morgan y Harris (8) elaboraron la siguiente secuencia:

1. Investigación de mercado.
2. Preparación de las especificaciones.
3. Diseño preliminar.
4. Construcción de las primeras muestras.
5. Prueba de las primeras muestras.
6. Rediseño.

(8) Morgan, A.H., y Harris, D.H., Control de Calidad Referida al Diseño. Electrical Manufacture, Vol. 56, No.2, pp.113-118, Agosto 1955.

7. Construcción de las muestras finales.
8. Prueba de las muestras finales.
9. Poner por escrito los métodos de inspección y los procedimientos de pruebas.
10. Poner por escrito las especificaciones de los materiales.
11. Determinación de los costos, capacitación de los subcontratistas, planificación de la producción y de la inspección, preparación de las hojas de operación.
12. Ordenamiento de los materiales y herramientas para la producción y la inspección.
13. Escribir los manuales para la aplicación, operación y servicio; catálogo escrito de partes para reemplazo.
14. Inicio de la publicidad y propaganda.
15. Elaboración de la corrida piloto de producción.
16. Prueba de la corrida piloto de la producción.
17. Efectuar cambios menores para corregir errores.
18. Producción a gran escala.

IV.6.2 Planeación para la especificación de la calidad del producto.-

La serie de pasos culminantes en la emisión de la especificación de un producto incluye:

1. Identificación de las necesidades de calidad del consumidor.
2. Desarrollo de productos que posean calidades tales que satisfagan estas necesidades de calidad.

3. Establecimiento de tolerancias económicas.

4. Emisión de especificaciones oficiales del producto.

Como se muestra en la tabla 2, existen varios departamentos involucrados en la especificación de un producto. La terminología utilizada en esta tabla es la comúnmente empleada en las industrias metal-mecánicas. En las industrias de procesos, la función de diseño de producto generalmente es llamada "desarrollo de producto", mientras que la función de planeación de la manufactura es llamada "investigación del proceso".

La coordinación de dichas actividades se ejecuta en cierto modo a través de la preparación de una tabla de responsabilidades más detallada que muestre las decisiones específicas y las acciones requeridas, así como quien debe tomar tales decisiones y efectuar dichas acciones.

IV.6.3 Planeación para la especificación del proceso.-

La serie de pasos que conducen a la emisión de la especificación del proceso incluye:

1. Selección del proceso a partir de alternativas disponibles
2. Establecimiento de las tolerancias del proceso.
3. Emisión de las especificaciones del proceso.

La responsabilidad que tienen los diversos departamentos es, comúnmente, como se muestra en la tabla 3. En las industrias de procesos es usual el encontrar que las tolerancias del proceso difieren de las tolerancias del

Tabla 2. Responsabilidades para la especificación de la calidad de un producto.-

Actividad	Funciones o departamentos accesibles para participación							
	Investigación de mercado	Investigación de mercadotecnia	Investigación del producto	Diseño de producto	Planación de la manufactura	Producción	Compras	Control de calidad
Identificación de las necesidades de calidad del consumidor	X	XX	X	---	---	---	---	X
Desarrollo de productos que posean calidades que satisfagan dichas necesidades	---	X	XX	X	X	---	---	---
Establecimiento de tolerancias económicas	---	X	---	XX	X	X	X	X
Emisión de especificaciones para el producto	---	X	---	XX	X	X	X	X

XX - responsabilidad principal

X - responsabilidad colateral

Tabla 3. Responsabilidades para las especificaciones del proceso.-

Actividad	Funciones o departamentos accesibles de participacion			
	Investigacion del producto	Desarrollo del producto	Laboratorio*	Produccion
Selección de procesos	I	II	I	I
Establecimiento de las tolerancias del proceso	- - -	II	I	I
Emision de las especificaciones del proceso	- - -	II	I	I

II responsabilidad primaria

I responsabilidad colateral

0 algunas veces llamado investigacion del producto

* frecuentemente incluye al departamento de Control de Calidad

producto (mucho de esto depende del hecho de que las unidades son diferentes de cualquier forma). Pero en las industrias mecánicas las tolerancias del producto por lo general se asume que son también las tolerancias del proceso.

IV.6.4 Aspectos de la calidad de la planeación* de la manufactura.-

La planeación de la manufactura comprende las actividades requeridas para poner a la planta en disposición para satisfacer sus requisitos de calidad, costos y fechas de entrega. Sin embargo, durante la última centuria la industria desarrolló la separación de la planeación de la ejecución. Al principio esta separación enfatizó la planeación de las funciones de fabricación. Más recientemente, el principio de separar la planeación de la ejecución se ha extendido al trabajo de los departamentos de Inspección y Pruebas.

Los aspectos específicos de calidad para la planeación de la manufactura incluyen:

1. Selección de equipos, proceso y herramientas capaces de mantener las tolerancias.
2. Selección de instrumentos de precisión adecuados para el control del proceso.

* Comúnmente dicha planeación está asociada con los nuevos productos, por lo que en algunas ocasiones se emplea el término "planeación del nuevo producto". El departamento encargado de esta selección es llamado Planeación de Manufactura; aunque también se emplean los nombres de Ingeniería de Manufactura o Ingeniería Industrial. En la industria de procesos se utilizan los nombres de Departamento Técnico o Desarrollo del Proceso.

3. Provisión de la información adecuada para la manufactura
4. Planeación de los controles de calidad del proceso.
5. Selección y capacitación del personal de producción.
6. Planeación de los aspectos de calidad para embalaje y embarque.

Generalmente la planeación de (1) a (3) debe ser efectuada por el Departamento de la Planeación de la Manufactura, la de (4) por el Departamento de Control de Calidad, la de (5) por los varios departamentos de Producción y, (6) en formas varias.

La tabla 4 muestra las responsabilidades asignadas para la planeación de la manufactura; mientras que la tabla 5 muestra las responsabilidades usuales para la planeación de los medios de medición.

IV.6.4.1 Selección de equipo, proceso y herramientas.-

El proyectista debe conocer de antemano tanto el proceso como la maquinaria especificados para que el producto pueda tener cabida dentro de las tolerancias del diseño (asumiendo siempre una operación normal y un mantenimiento del proceso).

El departamento staff de control de calidad es la selección más lógica para medir la capacidad de un proceso. Este grupo requiere de datos para varios propósitos (producción, control del proceso), y posee la habilidad estadística para coleccionar y analizar los datos en forma correcta.

Tabla 5. Responsabilidades para la planeación de instrumentos de medición, equipo de pruebas, estándares y otros medios de medición para la inspección.-

Actividad	Departamentos participantes			
	Ingeniería de Control de Calidad	Laboratorio de Medición	Almacén de Herramientas	Inspección
Análisis de la necesidad	II	I	I	I
Diseño de los medios	II	I	I	I
Pedidos	II	I	I	I
Construcción	I	I	II	I
Aprobación para su uso	I	II	I	I
Inspección periódica	I	II	I	I
Reparación	---	I	II	---

I responsabilidad primaria

II responsabilidad colateral

Un problema conexo a la selección del proceso es precisamente la capacidad de proceso del nuevo equipo. En general, los siguientes puntos pueden tomarse en cuenta para aprobar la selección del equipo:

1. Adecuación de las partes.
2. Dimensión del equipo.
3. Medición del producto obtenido y compararlo contra las tolerancias.
4. Medición de la capacidad del proceso para el producto obtenido.

Así pues, es necesario especificar la capacidad requerida del proceso. El objetivo de la planeación de la calidad es lanzar el producto nuevo o revisado, o el producto con la condición de que el diseño sea verdaderamente obtenido con el mejor proceso de producción y con una mejor satisfacción para el consumidor. Dicha afirmación nunca será el resultado de puras consideraciones teóricas; solamente puede ser el resultado de 1) reiterar el proceso efectivo de alta producción y alta satisfacción, 2) averiguar, a través del análisis, cuales son las causas de estos procesos, y 3) retroalimentar para formular el conocimiento de dichas causas dentro de la planeación básica.

En algunas situaciones la selección de un proceso se hace mediante la utilización del almacén como laboratorio. Las condiciones del proceso deben registrarse mientras que la muestras deben ser probadas por el laboratorio.

Cabe resaltar la importancia que tienen los programas de prevención de defectos, de mejoramiento de la producción, de reducción de quejas, etc., no está meramente en la producción mejorada resultante, ni en los bajos costos, ni en la mejor calidad del producto; sino en el hecho de que dichos programas proporcionan una profundidad sin precedente en el conocimiento relacionado con los productos y los procesos, además de una experiencia actual en el uso de dicho conocimiento. Tal experiencia lleva, en sí misma, la confianza en los métodos empleados. Esta confianza produce la convicción de que el nuevo conocimiento y los métodos experimentados pueden utilizarse tanto en la planeación de la calidad como en la rectificación de la necesidad de planear la calidad. De este modo se emprende la planeación de la calidad, no sobre las bases de un razonamiento lógico abstracto sino sobre las bases de una experiencia aprobada.

IV.6.4.2 Selección de instrumentos.-

La selección de los instrumentos de medición es un tema colateral al problema de selección de la maquinaria. A partir de la segunda guerra mundial, la industria ha evolucionado de tal forma que de los instrumentos de una sola variable se pasó al empleo de los instrumentos con una gran medición de variables.

Para la selección de los instrumentos de medición se recomienda que éste sea lo suficientemente sensitivo para ser capaz de dividir la tolerancia, preferiblemente, en diez

partes. Si dicha sensibilidad no es accesible, los registradores, operadores e inspectores tendrán dificultades en la utilización de los datos de inspección para regular el proceso de producción.

El precepto de un décimo permite un considerable aumento en la exactitud. Utilizando la medición de temperatura como ejemplo, una tolerancia de 0.001°C requiere de un instrumento de medición que pueda leer hasta 0.0001° . A su vez, los patrones utilizados para comparar la medición pueden requerir de una exactitud de hasta diezmillonésimas.

De esta forma, las tolerancias del producto son decisivas no sólo para la exactitud de las mediciones e instrumentos, sino que a través del aumento en la precisión, en las necesidades de mediciones de laboratorio.

IV.6.5 Planeación a través de lotes experimentales.-

Algunos proyectos de importancia incluyen nuevos procesos de manufactura o contemplan nuevos lineamientos funcionales. Para dichos proyectos es recomendable programar una producción de lotes experimentales de tal forma que:

1. Probar que las herramientas y los procesos puedan en verdad producir en forma satisfactoria, con un gasto mínimo.
2. Probar, con exámenes, que el producto posee los lineamientos funcionales esenciales.
3. Probar mediante el uso, que el producto alcanza los requerimientos deseados.

4. Descubrir cuales son las deficiencias en los procesos o en los productos que necesitan ser combatidas antes de aventurarse a una producción a gran escala.

Lo anterior no puede ser determinado solamente por medio de registros de prototipos. El propósito básico de un prototipo es probar las posibilidades de ingeniería, mientras que el propósito de la producción es encontrar estándares de calidad, costos y entregas.

La maquinaria, las herramientas, el personal, la supervisión, la motivación, etc., utilizadas en un prototipo son totalmente diferentes a la situaciones correspondientes que se presentan durante la producción.

No existe discusión sobre la conveniencia de las corridas experimentales de producción. A la vez, existen ciertas limitaciones:

1. Existe cierto apresuramiento de ganar tiempo a través de la evasión de las corridas experimentales, es decir para pasar directamente del prototipo a la producción en masa. Esta urgencia proviene del personal de mercadotecnia o de la propia gerencia, y puede, a su vez, ser el resultado de condiciones competitivas.
2. El costo del procedimiento experimental es substancialmente menor si es amortizado sobre un gran nivel de producción.

Donde las condiciones permitan un proceso experimental,

existirá la posibilidad de aprender si todos los departamentos participan en la experimentación y contribuyen así a mejorar el diseño del proceso y el producto.

La necesidad de un lote experimental está relacionado con el tamaño de los riesgos tomados. Estos riesgos dependen de:

1. El alcance al cual el producto incluye lineamientos de calidad nuevos o no probados.
2. El alcance al cual la fabricación da cabida a procesos y maquinaria nuevas o no probadas.
3. El valor del producto al cual puede venderse antes de la existencia de pruebas concluyentes del alcance del proceso, del producto y de las dificultades de su utilización.

IV.6.6 Planeación del flujo de información esencial.-

La información esencial debe incluir:

1. Definición del material, del proceso, del producto y de las especificaciones de prueba.
2. Definición de los deberes, por ejemplo: especificaciones de trabajo, tabla de responsabilidades, criterios de decisión, manuales de capacitación, prácticas de estándares, etc..
3. El flujo de datos debe permitir el control a todos los niveles: operador, supervisor, ejecutivo.

Es importante aceptar la necesidad de una clara definición de lo deseado. En consecuencia la responsabilidad estará siempre en forma clara, y los procedimientos estarán

bien estandarizados.

IV.7 Planeación de la manufactura para la calidad y la planeación para el control del proceso.-

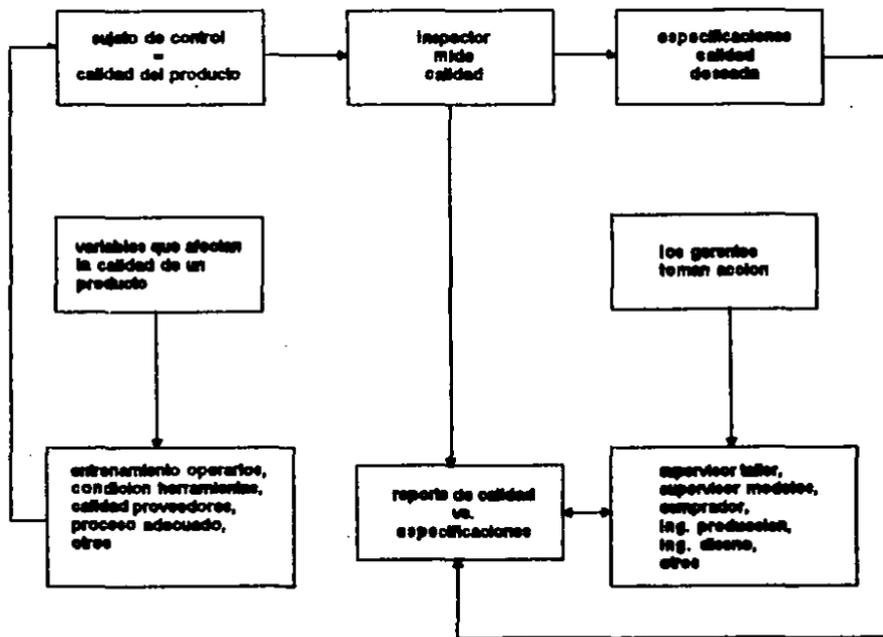
La planeación para la manufactura incluye las actividades para poner a la planta en posición de satisfacer sus estándares de calidad, costo y tiempo de entrega.

Específicamente, para lograr los estándares de calidad, la planeación requiere de:

1. Seleccionar máquinas, procesos y herramientas que sean capaces de mantener las tolerancias.
2. Seleccionar instrumentos con la precisión adecuada para controlar el proceso.
3. Planear el flujo de la información de producción y los criterios de inspección.
4. Planear los controles de calidad del proceso.
5. Selección y adiestramiento del proceso de producción.
6. Planear los aspectos de calidad.

La planeación para el control del proceso se refiere a la secuencia de eventos mediante la cual, el proceso se mantiene libre de defectos (figura 9).

FIG. 8 PLANEACION PARA EL CONTROL DEL PROCESO.-



CAPITULO V

CONTROL DEL PROCESO

V. CONTROL DEL PROCESO.-

Es necesario, primeramente, definir los requerimientos generales para un programa de control de calidad.

El programa de calidad es el sistema de actividades establecidas para proveer la calidad de un producto o servicio de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

Por otro lado, la inspección es el proceso de medición, examinación, prueba, normalización, o cualquier otro método para comparar una o más unidades de un producto con los requerimientos establecidos.

El programa de calidad deberá aplicarse al control de calidad dentro de todas las áreas de la planta, incluyendo la obtención, identificación, almacenamiento y flujo de material, el proceso entero de manufactura, así como el almacenaje y embarque del producto terminado.

Obtención de materias primas. El control adecuado sobre las fuentes de abastecimiento permite garantizar la calidad de las materias primas de acuerdo a las especificaciones de la planta. Así pues, el consumidor de las materias primas tiene el derecho de inspeccionar la calidad de los productos que va a adquirir; esta inspección no necesariamente constituirá una aceptación.

Todo el material adquirido debe ser evaluado para asegurar su conformidad con los requerimientos de los estándares y especificaciones establecidos. Y cuando se requiera, el embarque de las materias primas deberá ser

acompañado del reporte certificado de las pruebas que demuestren su conformidad a los requerimientos establecidos con anterioridad. La validez de las certificaciones debe de verificarse periódicamente, por lo que el abastecedor deberá ser notificado cuando su producto no se adecúa a las necesidades, para poder de esta manera efectuar las acciones correctivas.

Proceso. Debe establecerse un control sobre los procesos de manufactura para prevenir defectos excesivos (variabilidad), y para asegurar la conformación a las características del producto, lo cual debe verificarse en el lugar de la manufactura.

Además los controles deben ser establecidos y mantenidos en los sitios apropiados del proceso de manufactura para asegurar el control continuo de la calidad del producto.

También deben establecerse métodos adecuados para asegurar la conformidad del producto a especificaciones especiales como soldadura, laminado, pruebas no destructivas, tratamientos térmicos o ensayos de materiales.

Aceptación. La inspección y las pruebas efectuadas al producto terminado deben permitir el aseguramiento de los requerimientos de calidad del usuario final. La validez de las mediciones y pruebas debe asegurarse mediante el empleo de instrumentos y equipos adecuados que certifiquen la conformidad requerida.

V.1 Planeación para el control del proceso.-

El control del proceso se refiere a la secuencia de eventos mediante los cuales un proceso se mantiene libre de problemas esporádicos, es decir, los medios por los cuales se previenen la aparición de defectos.

En la tabla 6 se muestra en detalle la distinción entre control del proceso y prevención. Es importante destacar que el control del proceso se refiere a la regulación en curso en el lugar de manufactura, en contraste con el reporte ejecutivo o aseguramiento de la calidad.

Existe una relación entre el control del proceso y un ciclo de servomecanismo, el primero se puede derivar del segundo. La figura 10 muestra un diagrama para el caso general, mientras que la figura 11 muestra el mismo diagrama pero aplicado al control del proceso.

La realización del control del proceso requiere de la accesibilidad al personal de la planta de todos los elementos del ciclo: un estándar de calidad, información sobre el desempeño actual, medios de comparación del desempeño actual contra el estándar para determinar los cambios necesarios y de ser necesario, medios para cambiar el proceso.

El control del proceso de la figura 11 gira alrededor de una característica específica de calidad. La planificación del control de proceso requiere de la identificación de dichas características para lograr que el personal esté enterado de las etapas del proceso a regular. Debido a la

Tabla 5. Control de proceso y prevención.-

Aspecto del Problema	Control de Proceso	Prevención
Actitud gerencial	satisfecho con el actual estándar de realización	insatisfecho con el actual estándar de ejecución
Propósito general	mantener el presente estándar	mejorar el estándar actual
Método general de acceso	identificar y eliminar desviaciones esporádicas que contribuyen con el pobre desempeño	identificar y eliminar las contribuciones crónicas al bajo desempeño
Hechos requeridos	simples, mostrando el desarrollo actual vs. el comportamiento estándar	extensivo y complejo, lo cual permite un profundo entendimiento del problema
Hechos recolectados por	el personal regular (inspectores)	equipo especial de recolección (personal staff)
Formalidad de la recolección de hechos	generalmente informal, sin necesidad de un registro permanente	formal, requiere de experimentos especiales, pruebas y reportes formales
Análisis de los hechos por	la propia gente de la línea	personal técnico o especialmente entrenado
Frecuencia del análisis	muy frecuente; puede requerir revisiones mensuales, semanales, diarias o cada hora	infrecuente; generalmente es un análisis esporádico
Toda de decisiones por	personal responsable del cumplimiento de los estándares	supervisión o altos niveles
Acción realizada por	el propio personal encargado del cumplimiento de los estándares	cualquier otro departamento distinto al de cumplimiento de estándares

FIG. 18 DIAGRAMA DE UN SERVOMECANISMO. -

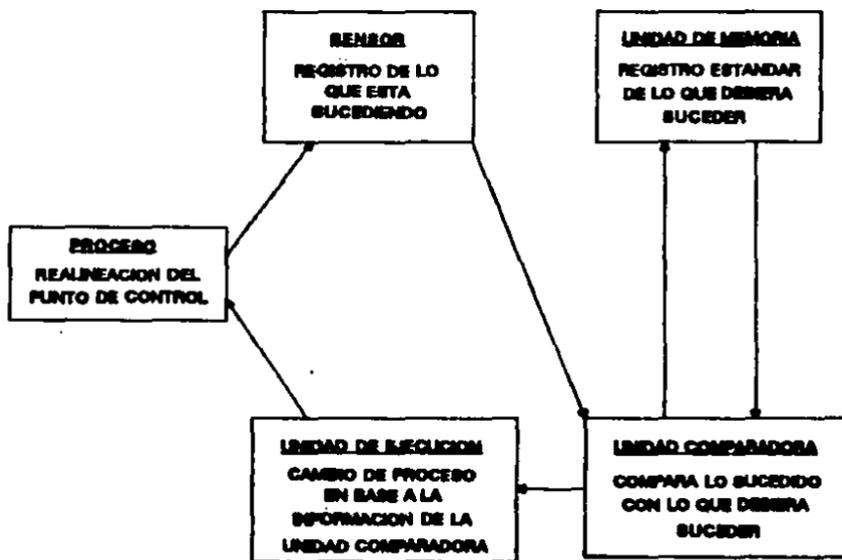


FIG. 11 DIAGRAMA PARA EL CONTROL DEL PROCESO. -



existencia de diferentes características y etapas de manufactura, es necesario concentrar la tarea del control de proceso en un número limitado de estaciones de control. A cada una de tales estaciones, corresponde una característica seleccionada de calidad.

La selección de las estaciones de control depende de las condiciones específicas de trabajo. Se recomienda que dichas estaciones estén localizadas donde se presenten las siguientes condiciones:

1. Durante la organización de las operaciones.
2. Durante el progreso de las operaciones de alta calidad o de alto costo.
3. Posterior a la culminación de una operación irreversible.
4. En los cuellos de botella naturales del proceso.

La herramienta básica para la selección tanto de las estaciones de control como de las de aceptación del proceso es el diagrama de flujo de producto y de proceso.

V.2 Elementos del control del proceso.-

En el análisis final, son los hombres quienes regulan el proceso. Dichos hombres se encuentran dispersos a través de toda la compañía - en las oficinas, en los laboratorios y en la planta. Tal esfuerzo requiere de una clara definición de las responsabilidades, tanto en equipo como en forma individual.

Es evidente, sobre el análisis, que un hombre no debe ser

responsable del control del proceso a menos que se presenten en forma simultánea las siguientes condiciones:

1. Conoce lo que debería hacer (especificaciones).
2. Sabe lo que está haciendo (desempeño).
3. Posee los medios para regular lo que está haciendo.

Finalmente, aún cuando se den estas condiciones, no está preparado para tener responsabilidad a no ser que:

4. Tenga el estado mental que le permita cumplir con la especificación, en el cual haga uso del conocimiento de su desempeño y de los medios de regulación.

Sólo con el conocimiento de sus responsabilidades los hombres pueden encaminar sus energías en el cumplimiento de sus responsabilidades. Con la falta de dicho conocimiento, es inevitable que gran parte de la energía se dedique a descubrir cuales son sus responsabilidades. Por esta razón, la industria ha consagrado grandes estudios en la definición de responsabilidades. No obstante, estos estudios se han dedicado hacia los deberes de la supervisión, permitiendo cierta vaguedad en los deberes de los no supervisores.

Es necesario plantearse las siguientes preguntas, y tener una respuesta clara a las mismas:

¿Quién decide si el proceso o la maquinaria han sido establecidos adecuadamente para comenzar la operación?

¿Quién decide, después de una hora de operación, si el proceso debe continuar operando?

¿Quién decide si el producto elaborado en el intervalo

intermedio es aceptable para un proceso posterior?

Es inútil intentar responder tales preguntas por medio de enunciar la pregunta ¿quién es responsable de la calidad? Las respuestas claras en materia de responsabilidad estarán dadas sólo cuando dicha pregunta esté en términos de decisiones o acciones; por ejemplo: quien es el responsable de tomar dicha decisión, o de efectuar tal acción.

De este modo, las preguntas de responsabilidad pueden responderse definitivamente por medio de:

1. La descomposición de la responsabilidad en decisiones y acciones específicas.
2. Nombrando al personal habilitado para tomar decisiones y efectuar acciones.
3. Especificación de deberes.

En la tabla 7 se muestra un procedimiento acreditado para definir las responsabilidades de calidad en la planta. Este procedimiento está diseñado para ayudar a discutir y acordar a quien corresponde cada responsabilidad.

En las columnas se identifican y enlistan las decisiones y acciones esenciales; mientras que en los renglones se identifican y enlistan las personas accesibles para tomar decisiones y efectuar acciones.

V.3 Organización para la calidad.-

En vista de que los productos derivados del proceso de obtención de acero son tan básicos para la industria moderna y tienen una amplia utilización, el control de calidad

Tabla 7. Formas de ayuda en la fijación de responsabilidad en las decisiones de calidad.-

Quien es responsable de -->	ratificar o puesta a punto de la maquinaria	suspender el proceso	aceptación del producto	clasificación de defectos	prevención de defectos		
					registro de datos	análisis de datos	acción sobre datos
operador							
iniciador de operaciones							
supervisor							
inspector de patrulla							
inspector de banco							
ingeniero de calidad							

siempre ha sido de gran importancia. La mayor cantidad de productos derivados del acero sirven para propósitos estructurales y gran parte de ellos poseen diversas calidades físicas. A su vez, la composición química de los aceros es un factor importante que contribuye al logro de dichas calidades físicas, otras contribuciones igualmente importantes se obtienen a lo largo de las fases del proceso de producción. Tales factores demandan un alto nivel de control para garantizar la correcta combinación de calidades para cada producto en específico y para cada aplicación de los mismos.

El proceso de obtención de acero envuelve al control secuencial de pasos sucesivos de manufactura. La calidad asequible en cada paso depende en su mayor parte de las mediciones de calidad obtenidas en los pasos precedentes.

La manufactura del acero se basa fundamentalmente en la extracción de hierro a partir del mineral y en la conversión de éste en productos utilizables de diversos tamaños, formas, propiedades químicas y físicas, etc.. Las materias primas básicas son el mineral de hierro, carbón, piedra caliza y aire. El ciclo de producción puede dividirse en seis pasos generales:

1. Beneficio de las materias primas.
2. Fusión del mineral de hierro en hierro para lingotes.
3. Fundición y producción de lingotes de acero.
4. Laminado primario (obtención de productos

semiacabados).

5. Laminado secundario (producto terminado).

6. Operaciones de acabado.

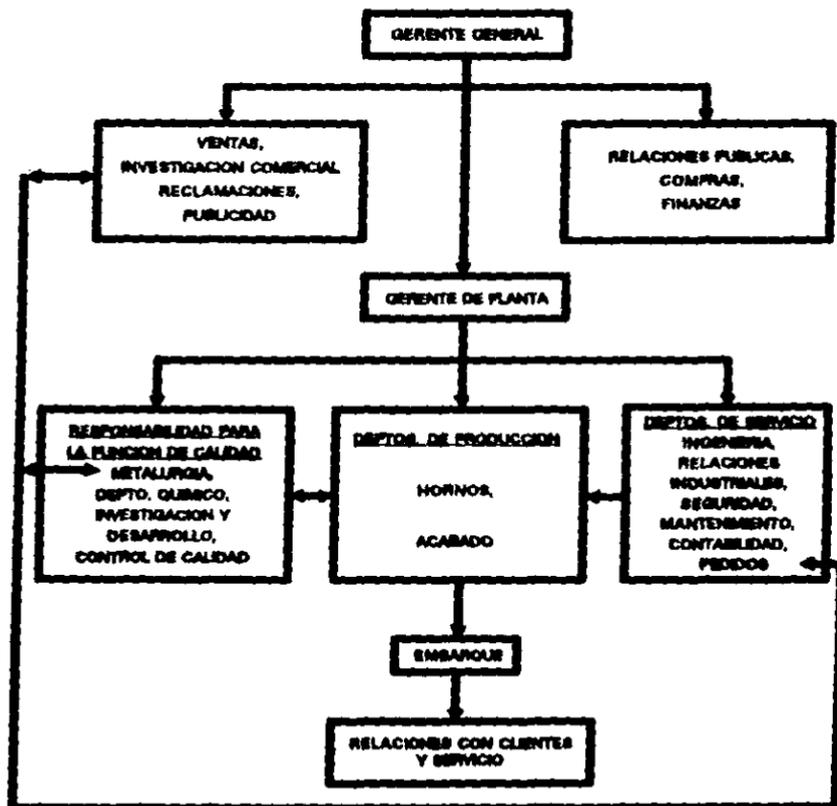
La figura 12 muestra la organización típica para una planta acerera integrada. La responsabilidad para la calidad del producto depende conjuntamente tanto de las unidades de producción como de los grupos de calidad, encabezados por el departamento de Metalúrgia. Los diversos departamentos de servicio también contribuyen en la satisfacción del cliente.

Como se mencionó anteriormente, la responsabilidad de la calidad a través de todo el proceso corresponde al departamento de Metalúrgia, pero tanto el Departamento Químico como el de Inspección deben estar relacionados para ofrecer apoyo.

Además, es importante destacar la existencia de una relación estrecha con el cliente. Los departamentos de Ventas y Metalúrgia deben colaborar con el usuario final del producto para evaluar sus requerimientos, e interpretarlos en lenguaje de producción. Lo anterior se efectúa con el fin de seleccionar el método adecuado de producción y de aplicar los estándares de calidad apropiados para la obtención del producto acabado.

Así pues, es necesario que exista una relación entre todos los departamentos que componen a la planta para lograr conseguir la calidad acordada con el consumidor del producto. El departamento de control de calidad deberá ser un

FIGURA 12. DIAGRAMA DE ORGANIZACION PARA UNA PLANTA ACERERA INTEGRADA. -



departamento de apoyo independiente para poder participar en los problemas de todos los departamentos, tanto de operación como de servicio.

V.4 Evaluación de materiales.-

La calidad de cualquier producto terminado está fuertemente influenciada por la calidad de las materias primas utilizadas para producirlo. Esto hace necesario efectuar una inspección en los lugares donde son adquiridos todos los materiales que intervienen en el proceso.

Los materiales deben cumplir con ciertos requerimientos y deben ser evaluados por el departamento de Metalurgia. No sólo las materias primas básicas, sino que todos los materiales auxiliares tales como los aleantes, desoxidantes, refractarios y todos los artículos en contacto con el acero durante su estado derretido deben examinarse mediante técnicas calificadas en los criterios de calidad.

V.4.1 Chatarra como materia prima.-

La chatarra es una de las materias primas básicas para la producción de acero y es el componente principal en la carga de los hornos de arco.

Se distinguen dos clases de chatarra: la interna y la comprada. La chatarra interna está constituida por desperdicios producidos en las operaciones de obtención de acero y en el taller de laminación. La chatarra comprada es el desperdicio de las industrias que utilizan acero para

construir edificios o fabricar máquinas. El primer tipo de chatarra puede emplearse sin ningún problema puesto que, a pesar de ser rechazo, cumple con los requisitos necesarios, es decir, contiene elementos que pueden disolverse o distribuirse en el metal líquido o son absorbidos por la escoria. Para poder utilizar el segundo tipo de chatarra, es necesario que esté limpia y libre de contaminación por elementos no metálicos e inconvenientes tales como el azufre, el cual ya sobra en la producción de acero, y zinc, el cual se volatiliza y reoxida con la subsecuente deposición en los ductos de gas ocasionando daños en los refractarios.

El segundo criterio para seleccionar chatarra es su densidad. La chatarra debe ser densa pero no tanto como un lingote de acero, lo cual es resultado de un tiempo prolongado de fusión, pero suficientemente densa para ser cargada en los hornos con razonable rapidez. Mientras la densidad del acero es de 7834 kg/m^3 , la chatarra deberá tener una densidad baja de 1600 kg/m^3 .

V.4.2 Piedra caliza y cal.-

La piedra caliza o carbonato de calcio (CaCO_3) para uso directo en un alto horno o para ser calcinada en cal para producción de acero debe contener el mínimo de impurezas, principalmente azufre, sílica y alúmina. La presencia de impurezas en la piedra caliza se refleja en el decremento de la disponibilidad de cal, lo anterior incrementa el volumen final de escoria (tabla 'B, análisis de fundentes).

Tabla 8. Analisis tipico para los elementos fundentes basicos.-

fuente	CaO	MgO	SiO ₂	FeO	S	CO ₂
pedra caliza	52-55	0.1-1.7	0.2-1.2	0.1-0.6	0.02-0.07	42-44
cal	92-98	0.2-3.4	0.4-1.8	0.2-1.0	0.02-0.10	1-6
caliza-dolomita	50-60	30-42	1-2	0.3-1.0	0.02-0.10	1-4

V.4.3 Refractarios.-

Por definición un refractario es un material resistente al calor. En la industria del acero la definición implica resistencia a la deformación a elevadas temperaturas así como gran resistencia a escorias, metales y gases cargados de polvo.

La obtención de aceros requiere de una serie estricta de propiedades que los refractarios deben cumplir. La evaluación de un refractario consiste en evaluar su productividad en términos de toneladas procesadas y en gasto final por tonelada producida.

Para tener un buen refractario se deben cumplir las siguientes propiedades:

1. Refracteriedad, o resistencia a elevadas temperaturas bajo carga, incluyendo esfuerzos internos; un material con alto punto de fusión es inútil si se deforma bajo su propio peso.
2. Resistencia al ataque de escorias y metales, controlada tanto por la composición química como por la estructura mineralógica del refractario.
3. Resistencia a la erosión por gases cargados de polvo.
4. Resistencia al impacto de cargas frías.
5. Estabilidad estructural: uniformes y pequeña, o excelentes características de expansión térmica durante el calentamiento y el enfriado.
6. Resistencia al desbaste: agrietado o descaecado

bajo el efecto de cambios rápidos en la temperatura.

7. Bajas capacidades térmica y transmitancia.

V.4.4 Ferroaleaciones y aditivos.-

El análisis químico usual de un acero incluye ciertos rangos de carbono y manganeso, y generalmente de silicio, cromo, aluminio y algunos otros (tabla 9). En consecuencia, estos elementos deben agregarse al acero. En un horno de arco es posible agregarlos dentro del mismo, pero es más conveniente y económico agregarlos al acero mientras éste se vierte del horno hacia el caso de colada.

Los elementos que permanecen en la carga durante el proceso de obtención de acero sin perderse por oxidación, o sea aquellos elementos con menor afinidad al oxígeno, pueden agregarse directamente al horno. Se pueden agregar también los óxidos puesto que son reducidos a sus metales respectivos durante la fundición, como por ejemplo el níquel y el molibdeno.

En la mayoría de los casos dichas adiciones son hechas por medio de ferroaleaciones, las cuales son aleaciones ricas en un elemento en particular. La mayor parte de las ferroaleaciones empleadas en el acero contienen un máximo de 20% de hierro.

La principal propiedad de cualquier aditivo no es, como generalmente se cree, su punto de fusión, sino que es su solubilidad en el acero líquido.

Tabla 9. Aditivos del acero.-

ELEMENTO	FORMA DE ACCION	OBSERVACIONES
aluminio	Al	
azufre	S	
bisulfo	Bi	poco comun
boro	FeB	pequeñas cantidades
calcio	CaSi, CaBaSi	purificador, no aleante
cerio	RESI RE	siliciuro de tierras raras aleacion de tierras raras
romo	FeCr, FeCrSi	
cobalto	Co, CoO2	aceros alta aleacion
colombio	FeCb	
cobre	Cu	como chatarra cuprifera
fosforo	FeP	
germanio	Hg, HgAl	desulfurizante, no aleante
gasesoso	FeMn, SiMn	
niobio	FeNb, NbO3	NbO3 directo al horno
níquel	Ni, NiO2	NiO2 directo al horno
nitrogeno	FeMnN, FeCrN	
plomo	Pb	agregado fino a lingotes
selonio	Se, FeSe	no comun, toxico
telurio	Te	no comun
titanio	FeTi	chatarra con titanio
tungsteno	FeW, CoWOS	directo al horno
vanadio	FeV, VC	
zirconio	BiZr	no comun

V.4.5 Electrodo y consumo de energía.-

Los electrodos empleados en un horno de acero deben estar hechos de grafito de alta conductividad, alta pureza, extruidos, endurecidos al vacio. Con tamaños típicos de 203 a 711 mm de diámetro (8 a 28 in.) proporcionales a la salida de energía, y de 1524 a 2438 mm (60 a 96 in.) de largo.

El consumo de electrodos está en el orden de 5 a 7 kg/ton (10 a 14 lbs/ton) para el proceso de escoria sencilla y de 6 a 9 kg/ton (12 a 18 lbs/ton) para cargas de doble escoria.

La energía ideal requerida para fundir una tonelada de chatarra a 1595°C (2900°F) es de 290 kw-hr (319 kwh/ton). El calor latente de la chatarra fundida es de 70 kw-hr, el sobrecalentamiento requiere de entre 15 y 20 kw-hr. Por lo que la energía necesaria es al menos de 375 kwh/ton.

V.5 Producción de aceros inoxidables en hornos de arco.-

Los grados más finos de acero son producidos por el proceso de horno eléctrico, el cual permite tener un mayor control en la oxidación que cualquier otro proceso empleado para obtener acero.

Además existe la posibilidad de obtener, más fácilmente muestras de metal fundido y de la escoria para ser periódicamente examinadas física y químicamente, lo cual permite efectuar ajustes y tomar acciones correctivas.

V.5.1 Aceros inoxidables.-

La denominación acero inoxidable designa a las aleaciones

de hierro caracterizadas por su gran resistencia a la corrosión, la cual es obtenida por el empleo de cromo o de cromo-níquel.

La clasificación de los aceros inoxidable está dada por el contenido de los elementos y por el tipo de microestructura, como se presenta a continuación:

3XX Aceros al Cr-Ni; no endurecibles, no magnéticos; austeníticos.

4XX Aceros al Cr; endurecibles, magnéticos, martensíticos.

4XX Aceros al Cr; no endurecibles, magnéticos, ferríticos.

5XX Aceros al Cr; resistentes al calor.

V.5.1.1 Composición de los aceros inoxidables AISI.-

TIPO AISI No.	C	Cr	Ni	otros elementos	propiedades generales y usos
				Austeníticos	
301	0.08-0.20	16.0-19.0	8.00-9.00	No 2.00 MAX.	Se trabaja fácilmente; utilidad general; adornos; utensilios domésticos; finas estructurales
302	0.08-0.20	17.0-19.0	8.00-10.0	No 2.00 max.	Usos decorativos
302B	0.08-0.20	17.0-19.0	8.00-10.0	Si 2.00-3.00 max. No 2.00 max.	El Si aumenta la resistencia a la formación de escamas a altas temperaturas
303	0.15 max.	17.0-19.0	8.00-10.0	P, S, Se 0.07 máx. Tr, Pb 0.50 max.	Grado 18-8 (a) de fácil labrado e maquinado
304	0.08 max.	18.0-20.0	8.00-11.0	No 2.00 max.	18-8 (a), C bajo, menor peligro de precipitación de carburos al soldar
308	0.08 max.	19.0-21.0	10.0-12.0	No 2.00 max.	Cuando la resistencia a la corrosión ha de ser superior a la del 18-8 (a)
309	0.20 max.	22.0-24.0	12.0-15.0	No 2.00 max.	Elevada temperatura, gran resistencia a formación de escamas, buena resistencia mecánica
309S	0.08 max.	22.0-24.0	12.0-15.0	No 2.00 max.	Menor peligro de precipitación de carburos al soldar
310	0.25 max.	24.0-26.0	19.0-22.0	No 2.00 max.	Como el 24-12 (b); Ni más alto para mayor estabilidad al soldar
316	0.10 max.	16.0-18.0	10.0-14.0	No 2.00-3.00	Resistencia superior a la corrosión química
317	0.10 max.	18.0-20.0	11.0-14.0	No 3.00-4.00	Aumenta resistencia a la corrosión química
321	0.08 max.	17.0-19.0	8.00-11.0	Ti máx. 3 veces C	18-8 (a) estabilizado
347	0.08 max.	17.0-19.0	9.00-12.0	Nb 10 veces C	18-8 (a) estabilizado

TIPO AISI No.	C	Cr	Mn	otros elementos	propiedades generales y usos
				Carboniticos	
403	0.15 max.	11.5-13.0	---	---	Paletos de turbinas forjadas
410	0.15 max.	11.5-13.5	---	---	Bojo precio, fines generales, tratables por calor
414	0.15 max.	11.5-13.5	1.25-2.50	---	Buelles, hojas de cuchillos, reglas templadas
416	0.15 max.	12.0-14.0	---	P, S, Se 0.07 máx. Zr, Nb 0.50 max.	Fácil de labrar a máquina
420	0.15	12.0-14.0	---	---	Cuchillería, instrumentos quirúrgicos, válvulas, cajineros de bolas, imanes
420F	0.15	12.0-14.0	---	P, S, Se 0.07 máx. Zr, Nb 0.50 max.	Variación del 420, fácil de labrar a máquina
431	0.20 max.	15.0-17.0	1.25-2.50	---	Alta dureza con alto C
440A	0.60-0.75	14.0-18.0	---	Nb 0.75 max.	Alta dureza con alto C (instrumentos) cuchillería; válvulas
440B	0.75-0.95	14.0-18.0	---	Nb 0.75 max.	Alta dureza con alto C (instrumentos) cuchillería; válvulas
440C	0.95-1.20	14.0-18.0	---	Nb 0.75 max.	Alta dureza con alto C (instrumentos) Cuchillería; válvulas
501	0.10	4.00-4.00	---	---	Buena resistencia mecánica a altas temperaturas
502	0.10 max.	4.00-4.00	---	---	Igual que 501

TIPO AISI No.	C	Cr	Mn	otros elementos	propiedades generales y usos
Ferriticos					
405	0.08 max.	11.5-13.5	---	Al 0.10-0.30	No se endurece cuando se enfria al aire desde alta temperatura
406	0.15 max.	12.0-14.0	---	Al 3.50-4.50	Resistencia electrica; el Al reduce el endurecimiento en aire
430	0.12 max.	14.0-18.0	---	---	Facil conformacion; adornos de automoviles; equipo quimico
430F	0.12 max.	14.0-18.0	---	P, S, Sn 0.07 max. Zr, Nb 0.50 max.	Varietad del 430, facil de labrar a maquina
447	0.20 max.	18.0-23.0	---	---	Servicio de alta temperatura cuando se requiere facilidad de fabricacion
443	0.20 max.	18.0-23.0	---	Cu 0.90-1.25	Se trabaja facilmente; equipo quimico; altas temperaturas
444	0.25 max.	23.0-27.0	---	---	Alta resistencia a la corrosion y a la formacion de escamas a 1175 grados C.
Bajos en cromo, resistentes al calor					
301	0.10 min.	4.00-6.00	---	Ni, Si 1.00 max.	
302	0.10 max.	4.00-6.00	---	Ni, Si 1.00 max.	

(a) aproximadamente 18% cromo, 8% niquel
(b) aproximadamente 24% cromo, 12% niquel

V.5.1.2 Producción de aceros inoxidable.-

Los aceros inoxidables deben contener un mínimo de 12% de cromo para tener sus propiedades anticorrosivas. Debido a que el carbono afecta significativamente estas propiedades, su contenido debe mantenerse lo más bajo posible, en algunos casos hasta un máximo de 0.03%.

Por otro lado, el silicio tiene una mayor afinidad por el oxígeno que el cromo, por lo que se pueden utilizar ciertas cantidades de ferrosilicio para reducir el óxido crómico presente en la escoria. Además, a altas temperaturas el oxígeno gaseoso remueve el carbono del baño de acero en beneficio del cromo.

El proceso de producción de acero inoxidable en un horno eléctrico puede resumirse como sigue:

El horno es cargado con chatarra de acero inoxidable, ferrocromo al alto carbono, chatarra con bajo contenido de fósforo, cal, re-carburizadores si se requieren, y se procede a efectuar la fusión. Tan pronto como se haya formado el suficiente metal líquido, se inyecta oxígeno para iniciar la formación de escoria con la mayor parte del carbono y silicio y grandes cantidades de cromo y manganeso, incrementándose la temperatura.

Una vez que la carga está totalmente fundida, no se debe retirar la escoria formada puesto que podrían presentarse pérdidas de cromo. Por lo cual, se agrega ferrocromosilicato al baño junto a una inyección rápida

de oxígeno. El silicio es rápidamente quemado incrementando la temperatura del baño y permitiendo que la sílica sustituya al óxido de cromo retenido en la escoria. El cromo liberado vuelve al baño. En este momento se presenta una pequeña reducción directa de Cr_2O_3 al actuar el silicio. De aquí en adelante la escoria se vuelve pobre en cromo y rica en sílica. A su vez se añade cal con el fin de estabilizar el contenido de sílica. Con una mayor inyección de oxígeno se obtiene un mayor incremento de temperatura resultando en mayores eficiencias en la relación de cromo y en la descarbonización.

Ya que la escoria está totalmente reducida, aproximadamente un 90% de cromo (y manganeso aunque algo de fósforo) son revertidos al baño, la escoria puede ser retirada puesto que ya no es útil en el proceso. En este paso se agregan algunos otros elementos aleantes necesarios, como óxidos de níquel y molibdeno, puesto que el silicio remanente (aproximadamente 0.5%) rápidamente reduce los óxidos.

Durante la reducción, generalmente se reduce o se corta el consumo de energía, puesto que es fácil quemar el techo del horno debido al efecto exotérmico combinado de la lanza de oxígeno y la radiación del arco.

Una carga de 40 tons puede representarse como sigue:

TIEMPO	C/F	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	Fa0
10:00 AM	1639/2980	0.16	0.56	0.010	0.073	0.15	11.50	7.20	0.04	7
10:05 AM	agregar 1000 lb de cal; inyectar oxígeno a 100 psi; lanza de 3/4 in; cortar energía									
10:23 AM	1682/3040	0.08	0.47	0.015	0.018	0.10	13.10			8
10:31 AM	1749/3180	0.07	0.43	0.019	0.016	0.05	13.40			8
	cortar suministro de oxígeno									
10:35 AM	agregar 8100 lb de ferrocromosilicio; 3000 lb de cal; 500 lb de espate; inyectar oxígeno; conectar energía en bajo									
10:48 AM	1782/3240	0.07	0.62	0.023	0.010	0.42	18.25	7.20	0.04	2
	cortar suministro de oxígeno									
10:53 AM	1727/3140	retirar vacuolas		agregar 875 lb de NiB 300 lb de FmB bajo C; ventilar el baño; energía en bajo; agregar 900 lb de cal						
11:06 AM	1893/3080	iniciar colada; agrega 80 lb de Cal; al caso de colada								
11:11 AM	finaliza colada y se recarga el horno para iniciar siguiente proceso									

CAPITULO VI

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

VI. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.-

El término aseguramiento tal como se emplea en un sistema de calidad, se refiere al trabajo de evaluar el desempeño de las actividades de la empresa con respecto a la calidad y de reportar los resultados de esta evaluación para la información y acción de las personas interesadas.

El aseguramiento guarda la misma relación para la función de la calidad que la auditoría a la contaduría. Mientras la aceptación y la prevención son las bases para la acción de la función de calidad (cumplimiento de las disposiciones gerenciales), el aseguramiento es la fase revisora, es decir, devolver a la gerencia los datos necesarios para certificar que la función de calidad está siendo cumplida.

El control de calidad se apoya fuertemente en dos columnas: la metrología y la estadística. La primera nos proporciona los datos que son el fundamento del conocimiento de la calidad de un producto. La segunda nos explica tales datos.

Durante todo el proceso de obtención de acero nos encontramos con ambas columnas, desde la recepción de las materias primas o componentes, donde durante la inspección utilizamos equipo de laboratorio, tablas estadísticas de muestreo, histogramas, etc., pasando por el proceso con gráficas de control, muestreos secuenciales, capacidad del proceso y evaluación final del producto con pruebas de vida acelerada, diseño de experimentos, etc..

VI.1 Pruebas de calidad.-

En vista de la necesidad de recolectar datos de las diferentes etapas de un proceso siderúrgico, una planta acerera debe contar con un laboratorio de calidad para comprobar las características, composiciones y propiedades con las cuales debe cumplir un acero.

Para efectuar dicha recolección de datos es necesario el empleo de equipos de medición de temperaturas y máquinas para efectuar las diversas pruebas a las que se debe someter una muestra para verificar las propiedades mecánicas y físicas del material.

VI.1.1 Inspección térmica.-

La inspección térmica comprende la inspección por cualquier método para detectar temperaturas irregulares empleando dispositivos o sustancias sensibles al calor. Existen diversos métodos de inspección térmica y diferentes tipos de dispositivos y sustancias para la medición de la temperatura. Entre las técnicas mayormente empleadas destacan:

- Termografía, la cual es una planimetría de los contornos de igual temperatura sobre una superficie de prueba.
- Termometría, que es la medición de la temperatura.

Ambas técnicas están divididas en dos categorías: a) por contacto directo, donde el dispositivo o material térmicamente sensible está en contacto físico y térmico con

la pieza de prueba y b) técnicas de no contacto, las cuales dependen de la energía electromagnética generada térmicamente radiada por la pieza de prueba.

Para fines de nuestro estudio, nos concentraremos a la utilización de las técnicas de termometría.

VI.1.1.1 Inspección termométrica por contacto.-

Existen diversos detectores térmicos básicos: bolómetros, termistores, termopares y termopilas. Tales dispositivos pueden detectar la radiación infrarroja en longitudes de onda largas y cortas.

- Bolómetros. Son detectores térmicos basados en el principio bajo el cual la resistencia de un material cambia conforme es calentado. El bolómetro permite que la radiación actúe sobre un alambre muy fino o una película metálica delgada, oscureciéndola para incrementar la absorción. El cambio en la resistencia está en función directa a la radiación absorbida. El coeficiente de temperatura de un bolómetro está comprendido en un rango entre 0.3 a 0.5 %/°C.
- Termopares. Un termopar consiste de un empalme de dos materiales distintos. En tanto se incrementa la temperatura del empalme, se produce una fuerza termoeléctrica electromotriz. Los termopares siempre se utilizan en pares en un circuito puente, lo cual permite que la temperatura medida esté en función directa de la fuerza electromotriz producida por el

termopar sensibilizado como resultado de la fuerza electromotriz generada por el termopar de referencia mantenido a temperatura conocida.

- Termopilas. Una termopila es solamente una serie de uniones de termopares, la cual produce un incremento en la fuerza electromotriz en función directa al número de uniones.

VI.1.1.2 Inspección termométrica sin contacto.-

Los dispositivos de medición de temperatura empleados en este tipo de inspección dependen de la respuesta de un detector térmico a la radiación infrarroja. Son particularmente útiles cuando es necesario monitorear o medir temperaturas de superficie a ciertas distancias. Comúnmente se utilizan los radiómetros y los pirómetros.

- Radiómetros. Son instrumentos empleados para medir la radiación incidente. Consisten en una cavidad con una apertura en un extremo y con un detector térmico montado internamente. Dicho detector está ubicado de tal forma que la radiación se concentra sobre él.
- Pirómetros. Conocidos también como termómetros infrarrojos, se emplean en pruebas no destructivas como dispositivos de examinación, es decir, responden solamente al calor causado por la radiación entrante y la señal de salida es totalmente independiente de la longitud de onda de la radiación. Los pirómetros cuentan con un tiempo de detección-respuesta bastante

rápido debido a que sólo hacen mediciones de temperatura.

VI.1.2 Prueba química de identificación de metales y aleaciones por cambio de color.-

La prueba química por cambio de color es un método cualitativo que puede emplearse para la identificación de metales y aleaciones. La información de la composición química es obtenida por observación del cambio de color efectuado durante una reacción química en algún punto de la muestra de la prueba. Este procedimiento no depende del uso de instrumentos auxiliares de ampliación óptica.

El éxito de dicha prueba depende de la naturaleza de los reactivos empleados en forma conjunta con el uso apropiado de las condiciones reactivas, lo que permite que la sensibilidad y selectividad deseadas pueden obtenerse con un mínimo de operaciones físicas o químicas.

Existen dos métodos primordiales para diferenciar el acero inoxidable de otras clases de acero, siendo éstos:

- a) Prueba al ácido nítrico. Los aceros inoxidables se caracterizan por su inherente resistencia al ataque por soluciones concentradas o diluidas de ácido nítrico. Esta característica hace posible el separarlos de los demás tipos de acero. No obstante, los inoxidables con mayor contenido de carbón (420 y 440) pueden ser atacados ligeramente por dicho

ácido. En contraste, los aceros al carbón y los aceros aleados son atacados enérgicamente por soluciones diluidas de ácido nítrico.

- b) Prueba al sulfato de cobre. Uno de los métodos más sencillos para diferenciar rápidamente los aceros al carbón o aleados de entre todos los tipos de inoxidable es el empleo de una solución al 5 o 10% de sulfato de cobre en agua. Generalmente, cualquier tipo de acero al contacto con el sulfato de cobre se cubre con una capa de cobre metálico en pocos segundos, mientras que en el acero inoxidable no se observa ningún depósito o cambio de color.

VI.1.3 Prueba Rockwell de dureza (HR).-

De entre los diversos métodos de prueba de dureza existentes, seleccionamos el método de prueba Rockwell debido a las siguientes razones:

- (a) Es la prueba de dureza más sencilla de realizar y no requiere de una gran experiencia del operador.
- (b) Mediante el uso de diversas cargas y penetradores es posible determinar la dureza de la mayoría de los metales y aleaciones.
- (c) La disposición de la información es inmediata.
- (d) No requiere de dispositivos de medición óptica.

La prueba Rockwell se determina por la profundidad de la indentación hecha al aplicar una carga constante sobre un penetrador. De los diferentes penetradores empleados en esta

prueba, el de uso más común es el de punta de diamante, conocido como penetrador Brale (ver figura 13).

Este método de prueba consiste en la medición de una profundidad adicional en la cual el penetrador es forzado por una carga mayor después de haber efectuado una penetración previa con una carga menor. La aplicación de la carga menor elimina el efecto de contragolpe que puede presentarse en el tren de carga permitiendo que el penetrador se abra paso sobre la superficie de la pieza de prueba y triture las partículas de material extraño, lo cual contribuye a una mayor precisión de la prueba.

Se aplica primero la carga menor y se establece un punto de referencia en el dispositivo de medición, posteriormente se aplica la carga mayor en la proporción prescrita. Se retira la carga mayor aplicada sin mover la pieza, y el número Rockwell de dureza se indica automáticamente en el medidor.

Existen dos tipos básicos de prueba de dureza Rockwell:

a) Dureza Rockwell regular. La carga menor es siempre de 10 kg, mientras que la carga mayor puede ser de 60, 100 o 150 kg.

b) Dureza Rockwell superficial. Carga menor de 3 kg y carga mayor de 15, 30 o 45 kg.

VI.1.4 Pruebas de tensión.-

Debido a la gran cantidad de información que puede obtenerse de ella, la prueba de tensión es indudablemente la

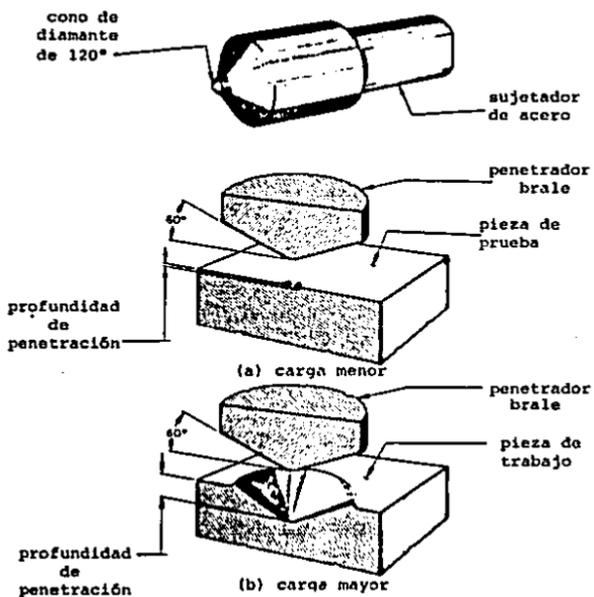


Figura 13. Penetrador Brale.

prueba mecánica más útil aplicada al acero. La versatilidad de esta prueba se basa en el hecho de permitir la medición de las propiedades de resistencia y ductibilidad.

Las propiedades de resistencia medidas en la prueba de tensión pueden emplearse directamente en el diseño, mientras que las propiedades de ductibilidad proveen alguna indicación referente al grado en el cual los cambios en la forma pueden presentarse ocasionados por la deformación plástica.

- Máquinas para prueba de tensión.- Las máquinas empleadas en la prueba de tensión consisten esencialmente de un mecanismo generador de cargas. El método más elemental para producir una carga de tensión simple involucra la suspensión de cargas muertas sobre los especímenes a ser probados. Este procedimiento generalmente es muy poco práctico debido a la inconveniencia de manejar las grandes cargas requeridas. Las cargas de peso muerto, algunas veces con la fuerza multiplicada por una palanca, son utilizadas en ciertas ocasiones en las cuales se desea someter a un espécimen a cargas fijas durante un cierto lapso de tiempo. Las pruebas de flujo y ruptura son, tal vez, los mejores ejemplos del uso de cargas muertas para propósitos de examinación.

Las máquinas de prueba más comúnmente utilizadas, emplean ya sea un sistema mecánico de carga accionado por un tornillo o un sistema hidráulico en el cual la carga es aplicada a través de un martinete. Ambos tipos de máquinas poseen un par

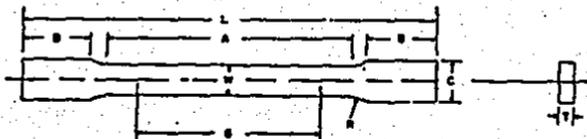
de crucetas, una fija y la otra móvil, a través de las cuales se aplica la fuerza de tensión.

- Extensómetros.- Ciertos aspectos de la prueba de tensión requieren del uso de algunos dispositivos para la medición de la extensión del espécimen; dichos dispositivos son conocidos como extensómetros.

En general se considera que los extensómetros están agrupados en dos grandes clasificaciones, dependiendo del rango de extensiones a cubrir. Por un lado, existen los extensómetros de alta precisión, altamente sensibles y empleados para la medición de extensiones diminutas; están caracterizados por sus pequeños rangos. Por otro lado, están los extensómetros de gran rango diseñados para medir extensiones por encima del instante de ruptura de la pieza de prueba.

- Especímenes.- Se han adoptado ciertos tipos de especímenes estándar y se recomiendan bajo las especificaciones de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). Las formas y dimensiones más frecuentemente empleadas se muestran en la figuras 14a, b y c.

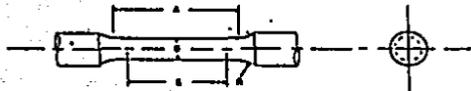
Es necesario el observar algunas precauciones generales en la obtención y preparación de los especímenes para la prueba de tensión. Para lograr resultados confiables durante el proceso de la prueba es necesario mantener en los niveles mínimos posibles el calentamiento y el trabajo en frío. También debe tenerse cuidado para asegurar que la pieza de



Dimensiones

	Especímenes estándar		Especímenes menores
	tipo placa 1 1/2 in ancho	tipo lámina 1/2 in ancho	1/4 in ancho
	in.	in.	in.
B - longitud del escantillon	2.00 +/- 0.01	2.000 +/- 0.005	1.000 +/- 0.003
W - ancho	1 1/2 + 1/8 - 1/4	0.500 +/- 0.010	0.250 +/- 0.005
T - espesor		espesor del material	
R - radio del choflan, minimo	1	1/2	1/4
L - longitud total, minimo	18	9	4
A - longitud de la seccion reducida, min.	6	2 1/4	1 1/4
E - longitud del mango, minimo	3	2	1 1/4
C - ancho de la seccion del mango, agras.	2	3/4	3/8

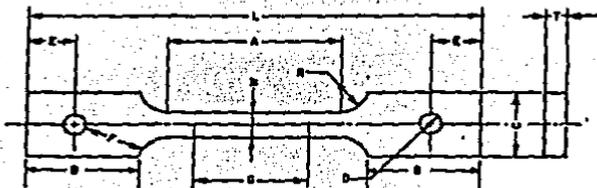
Figura 10 a. probetas rectangulares



Dimensiones

	Especimen estándar		Pequeños especímenes proporcionalados al estándar		
	in.	in.	in.	in.	in.
Diámetro nominal	0.200	0.250	0.250	0.150	0.113
\bar{L} = longitud del espécimen	2.000 \pm 0.003	1.100 \pm 0.005	1.000 \pm 0.003	0.110 \pm 0.003	0.070 \pm 0.005
\bar{D} = diámetro	0.200 \pm 0.010	0.250 \pm 0.007	0.250 \pm 0.005	0.150 \pm 0.003	0.113 \pm 0.002
\bar{r} = radio del tallo, in.	3/8	1/4	3/16	5/32	3/32
\bar{d} = longitud de la sección reducida, in.	2 1/4	1 3/4	1 1/4	3/4	5/8

Figura 14 b. Pruebas cilíndricas



Dimensiones

	In.
G - longitud del escantillon	2.00 +/- 0.005
W - ancho	0.506 +/- 0.010
T - espesor, max.	5/8
P - radio del chaffan, sin.	1/2
L - longitud total, sin.	9
A - longitud de la seccion reducida, sin.	2 1/4
F - seccion del mango, sin.	2
C - ancho del mango, aprox.	2
B - diametro del orificio para perno, sin.	1/2
E - distancia a la arista desde el perno, aprox.	1 1/2
F - distancia del orificio al chaffan, sin.	1/2

Figura 14 c. Probeta con orificio para pasador

prueba no presente arqueaduras o curvaturas, puesto que pueden presentarse distorsiones en la línea de carga elástica afectando el nivel de esfuerzo al cual ocurre el punto de cedencia plástica inicial.

- Pruebas de tensión y propiedades a determinar.- En el desarrollo de una prueba de tensión, el espécimen es introducido dentro de la máquina de prueba de tal forma que la carga pueda ser aplicada a lo largo del eje de la pieza, y la carga aplicada pueda ser incrementada gradualmente hasta que se presente el rompimiento de la pieza. La velocidad de la prueba es un factor importante y generalmente se controla dentro de ciertos límites predeterminados. Algunas de las propiedades a la tensión, especialmente el punto de cedencia, están marcadamente afectadas por la tasa de deformación y es importante especificar y controlar la velocidad de prueba dentro de límites definidos. Dichos límites deben seleccionarse en forma tal que prevengan más de un cierto porcentaje de variación en la propiedad a medir por encima de un resultado de variaciones en la velocidad de prueba. La velocidad debe especificarse en términos de tasa de esfuerzo del espécimen, tasa de movimiento de cruceta o tasa de deformación de la probeta. El más confiable de los tres métodos es la especificación de la velocidad de prueba a través del empleo de la tasa de deformación, a partir de que la mayor parte de las variaciones de las propiedades surgen directamente de las variaciones de la tasa de deformación de la probeta.

Antes de considerar la determinación de las propiedades específicas de la prueba de tensión, es necesario definir al esfuerzo y deformación, puesto que dichos conceptos son utilizados en las definiciones de las diferentes propiedades a la tensión. Las definiciones de ambos términos son propuestas por ASTM de la forma siguiente:

- Esfuerzo: es la intensidad en un punto dado de un cuerpo de las fuerzas internas o componentes de la fuerza que actúan en cierto plano a través del punto. El esfuerzo está medido en fuerza por unidad de área (lb/in^2 , kg/cm^2).
- Deformación: es el cambio unitario debido a una fuerza en el tamaño o forma de un cuerpo, referido al tamaño o forma original. La deformación es una cantidad adimensional, pero frecuentemente se expresa en in/in, cm/cm.

Las diversas propiedades que pueden determinarse mediante la prueba de tensión pueden ser clasificadas de acuerdo a cual aspecto de resistencia o ductibilidad está siendo medida.

A. Propiedades de resistencia.-

- Módulo de elasticidad o de Young. Cuando un metal es sometido a carga, existe un rango de carga inicial en el cual no ocurre una deformación permanente, es decir que si se remueve la carga a cualquier valor dentro del rango, la pieza de prueba volverá completamente a sus dimensiones originales.

Además, dentro de este rango de carga, el cual se designa como rango elástico, la deformación producida es directamente proporcional al esfuerzo aplicado. La ley de proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación en el rango elástico es conocida como Ley de Hooke. El módulo de elasticidad, tal como lo define la ASTM, es el ratio de esfuerzo normal correspondiente a la deformación al aplicar fuerzas de tensión o compresión por debajo del límite proporcional. El módulo para un acero ordinario es de 30×10^6 psi para diseño. Debido a que el módulo de elasticidad no presenta una gran variación de acero a acero, éste generalmente no se determina excepto en casos especiales donde se requiera de un valor más preciso.

- Límite elástico. En la práctica el límite elástico es determinado al someter una probeta, la cual sostiene un extensómetro, a una serie de cargas en las cuales la máxima carga aplicada es incrementada gradualmente, la carga es liberada completamente al finalizar cada paso. Finalmente se logra obtener una carga antes de su liberación bajo la cual el espécimen fallará antes de regresar a su forma y longitud original, dicha carga es conocida como el límite elástico.

- Límite proporcional. El límite proporcional representa un aspecto del comportamiento elástico similar al límite elástico, la principal diferencia consiste en el método de determinación. El límite proporcional es el esfuerzo mayor al cual el material es capaz de desarrollarse sin desviarse de

la ley de proporcionalidad. En la práctica el límite proporcional se determina por medio de un diagrama esfuerzo contra deformación.

- Resistencia a la cedencia. A partir del incremento en la carga de tensión dentro del límite elástico, se alcanza un esfuerzo al cual el espécimen empieza a deformarse en forma plástica, es decir que será sometido a una deformación permanente aún después de liberada la carga. En el diseño de miembros estructurales sometidos a cargas estáticas, es necesario asegurar que las cargas de servicio no causen grandes deformaciones, puesto que se pueden afectar sus características de servicio. Es por esta razón que la porción de la prueba de tensión concerniente al acceso de la cedencia plástica es de extrema importancia; en cualquier material, los primeros pasos de la cedencia son realmente difíciles de detectar y los esfuerzos correspondientes al aparente inicio de la cedencia dependen de la sensibilidad del instrumento de medición de la deformación empleado.

- Punto de cedencia. El punto de cedencia se define como el primer esfuerzo en un material, menor que el máximo esfuerzo alcanzable, al cual ocurre un incremento en la deformación sin presentarse algún incremento en el esfuerzo.

- Resistencia a la tensión. Conforme la probeta se deforma pasado el punto de cedencia, la carga se incrementa. Para materiales dúctiles, la carga pasa a través de un máximo y la fractura sólo ocurre eventualmente; pero en los

materiales menos dúctiles, la fractura puede presentarse sin haberse incrementado la carga, es decir, sin haber pasado a través del máximo. La resistencia a la tensión, de acuerdo a ASTM, se puede calcular por medio de la división de la máxima carga aplicada al espécimen entre el área de la sección transversal.

B. Propiedades de ductibilidad.-

- Elongación. Un aspecto relacionado a la ductibilidad de un material y el cual generalmente es determinado en la prueba de tensión es la elongación, la cual es soportada por el material antes de ocurrir la fractura. La elongación es calculada a partir de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ elongación} = [(\text{longitud } f - \text{longitud } i) / \text{longitud } i] \times 100$$

- Reducción de área. La reducción en el área provee una medición de la ductibilidad final de un material por encima del instante de ruptura. El porcentaje de reducción de área se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ de reducción de Área} = [(\text{Área } i - \text{Área } f) / \text{Área } i] \times 100$$

La prueba de tensión no sólo se emplea para obtener datos para el diseño de ingeniería, sino que es una prueba para evaluar la disposición de los materiales en aplicaciones mecánicas particulares.

VI.2 Control estadístico.-

El aumento de precisión que se exige a los productos que se manufacturan, va acompañado de la necesidad de mejores métodos para la medición de las especificaciones y registros. La estadística, conocida como la ciencia de las mediciones, es una de las técnicas de mayor valor empleadas en el control de calidad, llegando a ser imprescindible.

Los métodos estadísticos, tal como se aplican en el control de calidad, no representan una ciencia exacta. Su carácter está fuertemente influenciado por factores de relaciones humanas, condiciones tecnológicas y consideraciones sobre costos.

De mayor importancia que los métodos en sí, es el impacto de los principios que estos representan sobre el pensamiento industrial. El punto de vista estadístico se concreta esencialmente en lo siguiente: la variación en la calidad de un producto se debe estudiar constantemente.

La gran variedad de operaciones existentes en la obtención del acero permite la tarea de recolectar datos, debido a que la mayoría de las operaciones se efectúan en períodos largos de tiempo para producir una unidad. Así pues, es importante la necesidad de recolectar datos referentes a todas las situaciones que se presentan dentro de la planta.

VI.2.1 El propósito de recolectar datos.-

Cuando se planea utilizar un método en particular para realizar un trabajo, es natural el considerar si éste es el

apropiado. Generalmente, la decisión se basa en la experiencia y en resultados pasados, o quizás en métodos convencionales. Sin embargo, en el caso de una planta, donde los datos son recolectados en forma continua dentro del proceso de manufactura, los métodos de procedimientos son implementados en base a la información obtenida. El proceso de manufactura sólo puede ser corregido si se efectúa una evaluación correcta, por lo que los datos recolectados en el propio lugar de trabajo son esenciales para elaborar una correcta evaluación.

En vista de que los datos forman parte del plan de acción y son la base para las decisiones, aquellos que se obtengan de las diversas operaciones de la planta variarán con el proceso de manufactura implicado. Debido a lo anterior, los datos se clasifican en términos de variados propósitos:

1. Datos para ayudar al entendimiento de la situación actual. Estos datos son recolectados para comparar la extensión de la dispersión en las calidades del acero proveniente del proceso o para examinar el porcentaje de impurezas contenidas. Cuando se incrementa el número de datos, éstos pueden arreglarse estadísticamente para lograr un fácil entendimiento y una clara explicación posterior.
2. Datos para análisis. Pueden utilizarse datos analíticos para examinar la relación existente entre el defecto y su causa. Estos datos son recolectados

por medio de la examinación de resultados pasados y por la realización de nuevas pruebas.

3. Datos para el control del proceso. Después de investigar la calidad de los productos, esta clase de datos pueden utilizarse para evaluar el proceso de manufactura.
4. Datos regulares. Estos datos son utilizados como base para el incremento o la disminución de los parámetros del proceso y mantener así el nivel estándar.
5. Datos para la aceptación o el rechazo. Con base a la información obtenida se puede definir si el producto cumple con los estándares de calidad o debe ser rechazado.

En otras palabras, los datos sirven de base para adoptar medidas. Tras evaluar las condiciones imperantes, puestas de manifiesto por los datos, se pueden adoptar las medidas apropiadas. De ahí que lo primero y más importante sea determinar si los datos representan o no condiciones típicas.

El problema puede enunciarse de este modo:

- 1) ¿Reflejan los datos reunidos la situación real?
- 2) La recolección, el análisis y la comparación de los datos ¿se llevan a cabo de forma tal que pongan de manifiesto la situación real?

El primero atañe a los métodos de muestreo; el segundo es un problema de procesamiento estadístico.

Lo fundamental del muestreo es saber con exactitud para

qué se utilizan los datos; estar seguros del propósito. Por ejemplo, si el problema que plantea un producto es la dispersión de la impureza, no bastará tomar sólo una muestra para averiguar la tasa de dispersión diaria. O bien, para comparar los defectos causados por los trabajadores A y B, es esencial tomar dos muestras individuales de los productos elaborados por ambos operarios. O sea que es preciso tener plenamente en cuenta el objeto de reunir los datos, las técnicas de muestreo adecuadas y la estratificación. No se debe recoger cierta clase de datos en forma desproporcionada por la simple razón de que es fácil recolectarlos. Por lo demás, puede haber datos parciales fáciles de reunir que no sean necesariamente eficaces.

Pero tampoco es suficiente emplear técnicas de muestreo adecuadas. Es necesario cerciorarse de que los datos representen la realidad y de que el método estadístico adoptado permitir efectuar una evaluación objetiva.

Como se explicó anteriormente, los datos sirven como base para la acción. Después de evaluar las condiciones actuales, conforme se manifiestan con los datos, se puede tomar la acción conveniente. En estos términos el hecho más importante a considerar es la determinación de cuales son los datos que representan las condiciones típicas.

Por ejemplo, si se han recolectado 100 datos referentes a las impurezas del producto, generalmente es imposible obtener cualquier conclusión de valor numérico de la muestra. La base

para tomar una decisión puede obtenerse solamente después de compararlos con la situación total.

Aún asumiendo que la necesidad de obtener datos ha sido entendida, existen casos en los que resulta difícil recolectar datos. Por supuesto, existen situaciones donde se presenta alguna dificultad para obtener valores numéricos netos. La solución es emplear cierto número de personas para que efectúen las pruebas y reporten sus observaciones, obteniendo así los datos adecuados.

Como se explicó previamente, el propósito de coleccionar datos no consiste en traducirlos en cifras concretas, sino en suministrar una base para adoptar medidas.

En general, los datos pueden estar incluidos en cualesquiera de los siguientes grupos:

- A. Datos de medición. Datos continuos como: tiempo, temperatura.
- B. Datos contables. Datos enumerables como: porcentajes de aleantes o de impurezas.

Posterior a la recolección de datos se efectúa la etapa de análisis, en la cual la información es extraída a través del empleo de métodos estadísticos. En consecuencia, los datos deben estar reunidos de tal forma que simplifiquen el análisis.

En primer lugar, se requiere de un claro registro de los datos recopilados. Si llegase a existir un cierto transcurso de tiempo entre la recolección y el análisis de los datos,

puede presentarse el caso de olvidar el origen de los datos. En toda planta existe una gran cantidad de datos, pero la mayor parte de éstos son datos muertos debido a que no se registró claramente su naturaleza. No sólo es necesario registrar el propósito de la medición y sus características, sino que también la fecha, los instrumentos utilizados, la persona que efectuó la medición, el método empleado, etc.. Posteriormente, el registro debe estar elaborado en forma tal, que su utilización sea sencilla.

Es necesario tener en mente que la acción a tomar deberá estar conforme a los datos reunidos, en otras palabras, debemos recordar que los datos son la base de nuestras acciones. Debemos desarrollar el hábito de discutir los problemas conforme a los datos presentados, respetando los hechos mostrados por ellos. En forma complementaria, es necesario tener en forma clara el propósito de la recolección de datos para darles el uso adecuado.

VI.2.2 Herramientas estadísticas.-

Entre las herramientas estadísticas más poderosas con que cuenta el control de calidad, para hacer una labor efectiva, se encuentran desde los simples histogramas los cuales nos ayudan a formarnos una imagen de la distribución y centrado de una serie de datos, las gráficas de control que nos permiten conocer todo un producto al momento de manufacturarse, y los estudios de habilidad que nos muestran hasta donde una máquina o un proceso son capaces de producir

una calidad deseada.

Los métodos estadísticos como actualmente se aplican en el control de calidad, no representan una ciencia exacta. Su carácter está fuertemente influenciado por factores de relaciones humanas, condiciones tecnológicas y consideraciones sobre costos.

Sin embargo, todas estas herramientas necesitan de un procedimiento tardado, y por su misma naturaleza, se llega a perder buena parte de las ventajas, logrando que en muchos casos resulta inoperante su empleo.

Probablemente de mayor importancia que los métodos en sí ha sido el impacto que estos representan sobre el pensamiento industrial. El punto de vista estadístico puede concretarse a revisar la posible variación de la calidad de un producto. Esta variación debe estar en constante estudio a través del:

- cada producción unitaria,
- sobre los equipos para el proceso, y
- sobre características críticas de calidad y sus estándares.

Estas variaciones se podrán estudiar mejor mediante el análisis de muestras seleccionadas. Se dispone de cinco herramientas estadísticas para ser empleadas en las tareas de control de calidad. Estas son:

1. Distribución de frecuencias.

Las distribuciones de frecuencias pueden definirse

como la tabulación o registro por marcas del número de veces que se presenta una cierta medición de la característica de la calidad, dentro de la muestra de un producto que se está examinando.

La tabulación se puede representar colocando sobre el eje vertical la frecuencia de ocurrencia de las observaciones y sobre el eje horizontal, los valores de característica de la calidad observada (por ejemplo: temperatura del horno, porcentaje de azufre o carbono, cantidad de materias primas agregadas).

2. Gráficas de control.

Una gráfica es una herramienta de comunicación que permite expresar los valores absolutos o relativos de una o varias variables para su comparación, así como el comportamiento de una variable a lo largo del tiempo o en función de otra (por ejemplo: la variación del cromo en la escoria al agregarse ferrosilicio). Pueden emplearse diversos tipos de gráficas, tales como: la de líneas, columnas, barras, superficies, circulares, histogramas, diagramas de flujo, etc..

3. Tablas de muestreo.

Una tabla de muestreo es una serie de planes para representar la correspondencia entre la calidad probable (en términos de porcentajes) de todo un lote a las de las muestras seleccionadas con propiedad de ese mismo lote.

4. Métodos estadísticos especiales.

Se clasifican en dos formas:

- a) Métodos gráficos. Conjunto de técnicas que comprenden la representación de una imagen de los datos de la calidad, en tal forma que esa imagen proporcione la base para una decisión y una acción.
- b) Métodos analíticos. Son una serie de técnicas que se refieren al análisis de los datos de calidad.

5. Predicción de confiabilidad.

La confiabilidad de un producto es la probabilidad de que ese producto desempeñe las funciones para las que ha sido proyectado, durante un tiempo de servicio previsto y bajo las condiciones de operación que se presentan.

Debido a las características del proceso de obtención de acero por arco eléctrico, donde se puede obtener una gran cantidad de datos, se recomienda la utilización de la gráfica de control X-R. Puesto que nos permite detectar cuando la variación de un proceso se debe a una causa asignable, es decir, cuando la variación no es la natural o inherente del proceso, sino que debe tener una causa específica que lo produce.

VI.2.3 Gráficas de control X-R (media-rango o amplitud).-

El procedimiento común para elaborar una gráfica de control media-rango, podemos simplificarlo en los siguientes

pasos:

- a) Elegir la característica que se pretende controlar.
- b) Elegir el tamaño de la muestra y la frecuencia con que se va a tomar.
- c) Tomar las muestras prescrites con la frecuencia determinada y de cada muestra: 1. determinar su promedio aritmético (\bar{X}) y su rango o amplitud (R); 2. graficar los puntos obtenidos.
- d) Después de haber tomado las muestras, determinar los límites de control.
- e) Continuar en el muestreo y detectar cuando la producción no es normal.

Las ventajas principales de las gráficas media-rango son:

1. Mide el producto.
2. Detecta inmediatamente cuando el proceso sale de control.
3. Los datos obtenidos pueden utilizarse en otros estudios.
4. Proporciona un registro visual, el cual es mucho más informativo que los simples números.
5. Muestra tendencias, que permiten hacer ajustes iniciales o correcciones durante el proceso.

Una gráfica media-rango es aquella que indica tanto la media (\bar{X}), como la amplitud (R), la parte del gráfico \bar{X} muestra principalmente todo cambio en el valor medio del proceso, en tanto que la relativa a R indica todo cambio en la dispersión del proceso.

Muestras de las temperaturas del horno al retirar la escoria, durante la semana:

SIA/HORA	10:53	12:00	13:07	14:14	15:21	16:28	17:35	MEBIA	RANGO
1	1727.000	1730.000	1729.000	1727.000	1729.000	1728.000	1730.000	1728.571	3.000
2	1730.000	1729.000	1729.000	1727.000	1730.000	1725.000	1726.000	1728.000	5.000
3	1725.000	1727.000	1728.000	1729.000	1727.000	1730.000	1727.000	1727.571	5.000
4	1727.000	1729.000	1728.000	1727.000	1725.000	1728.000	1729.000	1727.286	4.000
5	1728.000	1729.000	1729.000	1725.000	1728.000	1727.000	1727.000	1727.571	4.000
								1727.000	4.200

Limites de control para \bar{x} :

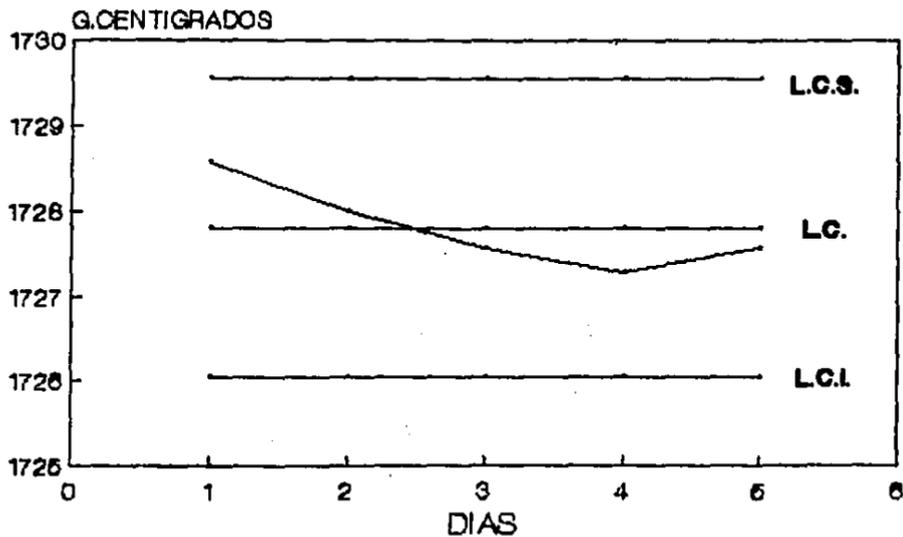
L.C.	1727.000	1727.000	1727.000	1727.000	1727.000	1727.000	1727.000
L.C.S.	1729.560	1729.560	1729.560	1729.560	1729.560	1729.560	1729.560
L.C.I.	1724.040	1724.040	1724.040	1724.040	1724.040	1724.040	1724.040

Limites de control para R:

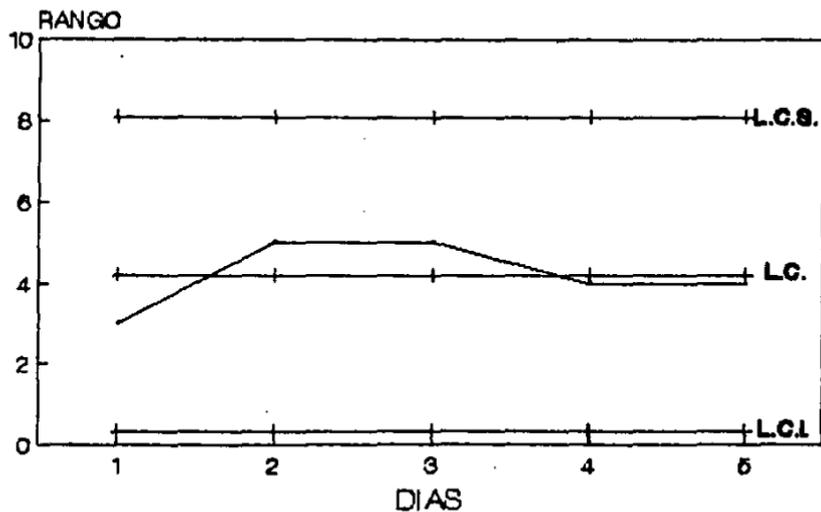
L.C.	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200
L.C.S.	8.081	8.081	8.081	8.081	8.081	8.081	8.081
L.C.I.	0.319	0.319	0.319	0.319	0.319	0.319	0.319

NOTAS: (1) para factores de limites de control ver anexo 1
 (2) para formulas de calculo ver anexo 2

MEDIA DE LAS TEMPERATURAS



RANGO DE LAS TEMPERATURAS



CAPTULO VII

**APLICACION DEL SISTEMA
DE CONTROL DE CALIDAD**

VII. APLICACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD.-

1. Condiciones.

Es de todos conocido, que la implementación de cualquier sistema es la etapa más difícil, ya que esto implica cambios.

Una de las características principales de la calidad es la confianza que puede generar un producto o servicio al usuario. Esta confianza es generada por una buena presentación, seguridad, servicio y resistencia; si queremos que lo anterior se cumpla requerimos de un buen diseño, que a su vez requiere ser manufacturado con los materiales y las condiciones originales.

El Sistema de Calidad contempla la participación de todas las actividades que afectan la calidad de un producto o servicio, desde su venta, hasta su comportamiento; para hacer esto posible, es necesario cubrir como primera etapa las siguientes condiciones:

1. Que los altos niveles ejecutivos estén convencidos de las ventajas de manufacturar calidad.
2. Establecer los objetivos de calidad en donde se señalen los elementos clave apropiados, tales como: niveles de comportamiento de campo, requisitos de seguridad, niveles de fallas internas, desarrollo de proveedores, entrenamiento, capacitación, motivación y calificación del personal, niveles de costos de calidad y los proyectos para el mejoramiento de la calidad.

3. Establecer claramente las responsabilidades de todo el personal involucrado en las diferentes actividades que afecten la calidad.
4. El personal responsable de la implementación de un sistema de calidad, debe tener el suficiente nivel jerárquico dentro de la organización.

II. Sistema.

Un programa o sistema de calidad es el conjunto de actividades establecidas que proveen la calidad de un producto o servicio que satisfaga las necesidades de los usuarios.

Las actividades que se deben cubrir para que un Sistema de Calidad funcione satisfactoriamente son las siguientes:

A. Control de diseño.

1. Todos los requisitos de diseño deben documentarse en instrucciones, procedimientos y dibujos.
2. Cualquier nuevo diseño o cambios al diseño original deben ser revisados por personal que no sea responsable del diseño original, lo anterior asegura el no cometer errores involuntarios por los nexos que pudieran existir hacia su creación.
3. Se deben realizar revisiones al diseño cuando se presenten las siguientes condiciones:
 - a) Cambio en los códigos, normas o estándares que rigen el diseño.
 - b) Requisitos de clientes específicos.

- c) Productividad del diseño.
- d) Necesidades de materiales diferentes al diseño.
- e) Reportes de acción correctiva.
- f) Reportes de comportamiento.
- g) Sugerencias del personal de servicio o usuarios, para optimizar la instalación y/o mantenimiento.
- h) Sugerencias del personal que interviene en la manufactura.
- i) Estudios de capacidad del proceso.

4. Se deben realizar pruebas periódicas al producto.
Ejemplo: fatiga, impacto, vibración, etc..

5. Todos los instructivos y procedimientos deben contar con los siguientes datos como mínimos:

- a) Número de instructivo y procedimiento.
- b) Descripción.
- c) Número y fecha de la última revisión.
- d) Autorización de los niveles apropiados.
- e) Referenciar las normas, estándares y códigos aplicables.

B. Control de procedimientos e instrucciones.

Una vez cubiertas las actividades de diseño, se procede a efectuar lo planeado, es decir, enterar al trabajador a través de documentos, de que es lo que se requiere hacer. Es importante que el trabajador cuente con documentos actualizados; para cumplir con esto, es

necesario un control sobre las revisiones y a quienes fueron entregados, y así cuando se emita una nueva revisión al documento, se retire de planta la revisión anterior.

C. Control de documentos de compras.

Todos los documentos de compras deben establecer claramente los requisitos de los materiales que se necesitan, para cumplir con lo anterior es necesario que el departamento de compras cuente con un listado de todos los materiales que se requieran. Dicho listado debe cubrir los siguientes puntos como mínimo:

- a) Número y fecha de la última revisión.
- b) Número de parte o material.
- c) Descripción.
- d) Normas, estándares y/o códigos aplicables (si se requieren).
- e) Procedimiento y/o instructivo aplicable.
- f) Requisitos suplementarios (certificados, pruebas no destructivas, etc.).

D. Control de materiales comprados.

Todos los materiales comprados deben ser evaluados contra los requisitos establecidos en la orden de compra antes de su aceptación formal.

La confiabilidad de los proveedores de los materiales debe establecerse con las bases siguientes:

- a) Registro histórico de entregas.

b) Evaluación periódica del sistema de calidad a través de auditorías.

Todos los materiales que no cumplan los requisitos establecidos deben ser evaluados por una comisión revisora de materiales antes de la disposición final.

E. Control de inspección y pruebas.

Es importante que en los diferentes procesos que se efectúan en la obtención de acero sea fácilmente identificado su estado de inspección; a continuación se definen algunos pasos que nos conducen a un control sencillo e importante de los procesos:

1. Los operadores son responsables de cargar los hornos con los materiales adecuados, así como de verificar el buen funcionamiento de los mismos, indicando cualquier posible falla.
2. Los procesos calificados por el operador como buenos deben ser inspeccionados por Control de Calidad antes de continuar con el siguiente proceso.
3. Los procesos calificados por el operador como malos deben ser evaluados por una comisión revisora integrada por Ingeniería de Manufactura y Aseguramiento y/o Control de Calidad.
4. Todos los operadores son responsables de identificar, individualmente, en los lugares

previamente establecidos, todos los procesos y/o productos terminados que hayan cumplido satisfactoriamente las pruebas requeridas.

5. El departamento de Aseguramiento y/o Control de Calidad debe verificar las identificaciones de cumplimiento en la prueba, y posteriormente realizar un muestreo de acuerdo a los parámetros requeridos.

6. La entrada de productos al patio de reposo deben estar autorizadas por el personal de Aseguramiento y/o Control de Calidad exclusivamente.

F. Control de equipos de medición.

Todos los instrumentos de medición deben ser evaluados y calibrados o sustituidos antes de que su precisión no sea la requerida, es necesario definir la frecuencia de evaluación de cada uno de dichos elementos.

G. Control de materiales fuera de especificación.

Todos los materiales fuera de especificación deben ser evaluados por una comisión revisora de materiales para su disposición final; la comisión deberá clasificar los materiales dentro de los tres siguientes conceptos:

- a) Usoso como está.- Para esta clasificación la comisión debe tener cuidado en no violar las

características mecánicas del producto. La actividad de la comisión para esta clasificación, es la de identificar los materiales con un símbolo o marca, para garantizar que la comisión dictó disposición y no crear confusiones con la labor de inspección.

b) Recuperación.- La comisión debe fijar por escrito los trabajos a realizar para que los materiales puedan ser utilizados. Todos los materiales fuera de especificación deberán evaluarse nuevamente antes de su uso.

c) Chatarra.- Los materiales designados como chatarra deberán ser recogidos por la comisión y ser llevados al Área o patio de chatarra. Dicha Área debe controlarla sólo personal autorizado.

H. Control de los materiales en existencia.

Todas las existencias de materiales en los almacenes deben ser materiales que cumplan con las especificaciones y deben ser evaluados periódicamente. Los materiales en almacén deben estar perfectamente identificados con su número y descripción (igual a todos los documentos).

I. Embarques.

Todos los factores que afecten la calidad desde el embarque hasta la recepción por el cliente deben ser tomados en cuenta. Se deben realizar visitas

periódicas a los receptores del producto para verificar la efectividad de los métodos de embarque.

J. Registros de calidad.

El departamento de Calidad debe conservar todos los documentos que muestran lo hecho durante la manufactura durante un lapso determinado. Se recomienda conservar los siguientes documentos:

- a) Certificados de materiales del proveedor.
- b) Evaluaciones al sistema de calidad del proveedor.
- c) Registro de aceptación, desviación o rechazo del proveedor.
- d) Reporte diario de inspección del proceso.
- e) Reporte diario de autorización de entradas de productos terminados.
- f) Reporte de pruebas.
- g) Registros de calibración a los equipos de medición y prueba.

K. Usuarios del producto.

Se debe proporcionar a los usuarios las suficientes instrucciones sobre manejo, almacenaje, instalación, mantenimiento, puesta en servicio, etc..

Es importante la motivación sobre calidad al usuario, para que si detecta alguna falla, observación o sugerencia, las haga llegar a los niveles apropiados para su estudio. En adición a lo anterior, se deben

programar visitas periódicas a los usuarios para verificar el comportamiento del producto.

L. Acción correctiva.

Todas las deficiencias de calidad identificadas deben ser documentadas, evaluadas, corregidas y deben tomarse medidas para que la deficiencia no se repita.

Las actividades usuales que deben conducir a la acción correctiva son las siguientes:

- a) Auditorías al sistema de calidad.
- b) Evaluación y auditorías de clientes.
- c) Reportes de inspección y pruebas.
- d) Comisión revisora de materiales.
- e) Auditorías a proveedores.
- f) Estudios de capacidad del proceso.
- g) Reportes de comportamiento en campo.
- h) Círculos de calidad.

M. Entrenamiento, motivación y calificación del personal.

Todo el personal nuevo que vaya a realizar funciones que afecten a la calidad debe ser sometido a entrenamiento, motivación y/o calificación de las políticas de calidad de la organización.

El entrenamiento, motivación y/o calificación deben cubrir los temas siguientes como mínimo:

- a) Concientización de la calidad.
- b) Orientación sobre uso y aplicación del producto.

- c) Orientación sobre el sistema de calidad.
- d) Interpretación de los instructivos y procedimientos afines con su trabajo.
- e) Calificación del personal de acuerdo a códigos, normas y estándares cuando sea requerido. Por ejemplo: el personal de pruebas no destructivas.

N. El sistema de calidad debe ser evaluado periódicamente a través de auditorías, las cuales deberán conducirse por medio de procedimientos, listas de verificación y evidencias objetivas.

CAPITULO VIII

COSTOS DE LA CALIDAD

VIII. COSTOS DE LA CALIDAD.-

Es una práctica común el identificar y cuantificar los costos de producción, ventas, administración, etc.. Sin embargo, los costos de calidad, tal y como ésta se define, no se habían identificado y menos aún cuantificado. Los primeros intentos se llevaron a cabo en los años '50 al cuantificarse los costos de inspección.

Los datos necesarios para calcular los costos de calidad existen, por regla general, en el departamento de contabilidad, datos que debidamente arreglados permiten organizar los costos de calidad. En forma general, se requiere de los datos de costos directos e indirectos de materiales, energía, mano de obra, material en proceso en las diferentes etapas, producto terminado, nóminas y gastos de los departamentos de ingeniería, control de calidad, investigación y desarrollo, y bonificaciones a proveedores, entre otros datos.

La función de calidad tiene dos actividades generales básicas: la apreciación y la prevención de la calidad. Cada una de estas actividades tienen un costo y así, los costos de apreciación están constituidos por los costos de inspección, auditorías y laboratorios; mientras que los costos de prevención están constituidos por los costos de ingeniería de calidad, administración de calidad, y los costos y gastos de los departamentos técnicos.

Existen ciertos factores que intervienen directamente en

los costos de calidad, siendo éstos los factores internos y externos. Los primeros están asociados con la obtención de la adecuación de uso diseñada; los segundos están constituidos por el establecimiento de programas oficiales y la obligatoriedad del cumplimiento de normas.

VIII.1 Clasificación de los costos de calidad.-

Un elemento esencial en un programa de control de calidad consiste en la identificación, análisis y control de los costos de calidad. En la tabla B.1 se clasifican en forma gráfica los costos de calidad.

Es necesario considerar específicamente los elementos que hacen operantes a los costos de calidad. A continuación se presenta una lista para cada una de las áreas de costos de calidad y se dan las definiciones de los elementos.

I. Costos de falla.

I.1 Falla interna.

a. Desperdicios. Con el fin de obtener los costos de calidad en la operación se tienen que considerar los costos por desperdicios en los que se incurre mientras se logra alcanzar los niveles de calidad requeridos. No se incluyen los desperdicios debidos a otras causas como la de dejar de usarse por envejecimiento o modificaciones en diseño. Los desperdicios pueden también ser el resultado de fallas en el propio trabajador de la fábrica o por faltas atribuibles

al vendedor.

b. Reproceso. Los trabajos suplementarios representan los pagos extra a los operadores mientras se alcanza la calidad requerida. No incluye pagos que se efectúen por reprocesos debidos a cambios de diseño para satisfacer al consumidor. El reproceso puede subdividirse entre fallas en la fabricación propiamente o en fallas debidas al vendedor.

c. Costos por suministro de materiales. Costos adicionales en que incurre el personal dedicado al suministro de materiales al dedicarse a quejas y repudio de materiales comprados. En estos casos se procurará que los vendedores se den perfectamente cuenta de los motivos de quejas y de rechazos.

d. Consultas entre ingenieros de la planta. Estos costos se refieren al tiempo que los ingenieros de producción emplean en la solución de algunos problemas relacionados con la calidad de los productos; por ejemplo, cuando un producto, componente o material no está de acuerdo con las especificaciones de calidad, o bien cuando a algún ingeniero de producción se le asigna la tarea de revisar la posibilidad de un cambio en las especificaciones. No se incluye costo alguno referido al desarrollo del trabajo en el interior

de los talleres.

I.2 Falla externa.

a. Quejas. Este capítulo comprende todos los gastos originados por el arreglo de diferencias con el consumidor.

b. Servicio del producto. Esto comprende los gastos ocasionados por todo servicio directo destinado a la corrección de imperfecciones o a pruebas especiales no incluidos en las quejas. Tampoco incluye los servicios o contratos de instalación y mantenimiento.

II. Costos de apreciación.

a. Inspección y pruebas de materiales comprados. Estas apreciaciones representan costos aplicables al tiempo dedicado por el personal de la oficina supervisora a las pruebas e inspección para valorar la calidad de los materiales adquiridos. Incluye también el costo de los viajes de inspectores a las plantas de los proveedores a fin de valorar las materias primas compradas.

b. Laboratorios de pruebas de aceptación. Costos de las pruebas de aceptación de los materiales comprados a cargo de un laboratorio o unidad de pruebas.

c. Laboratorios de mediciones o de otros servicios. Costos de los laboratorios de

mediciones tales como de calibración de instrumentos, de reparación y comprobación de procesos.

d. Inspección. Costos relativos al tiempo empleado en la inspección por el personal respectivo, evaluando la calidad del producto en los talleres. No incluye los costos causados por pruebas que se hallan comprendidas en el punto Iia, equipo de prueba, instrumentos, herramientas y materiales.

e. Pruebas. Representa los costos del personal de pruebas en la evaluación de la actuación del producto en pruebas técnicas dentro de la planta, incluyendo gastos de personal de oficina. No incluye el costo de pruebas de material adquirido según el inciso Iia.

f. Trabajo de cotejo. Son los costos debidos al tiempo que el operario consume en comprobar su propio trabajo o el plan de proceso para asegurarse de que el producto responde a la calidad pedida en los planes de producción, así como a la selección de los lotes que hayan sido rechazados por no cumplir con los requisitos de calidad exigidos, y en otras actividades con referencia a evaluación de la calidad del producto durante la fabricación.

g. Preparación para pruebas e inspección. La

preparación representa los costos conexos al tiempo empleado en la preparación del personal relacionado con el equipo de pruebas que permita un funcionamiento efectivo de las pruebas.

h. Material para pruebas e inspección. En este inciso se incluyen los costos de energía para mover el equipo o la maquinaria, tales como el vapor o combustibles consumidos en pruebas destructivas, pruebas de resistencia al tiempo o inspección de desgarramiento o ruptura.

i. Auditoría de calidad. La auditoría de calidad representa los costos relativos al tiempo que emplea el personal en hacer revisiones de calidad durante el proceso de manufactura y en los productos terminados.

j. Contratos con el exterior. Esto se refiere a los costos de laboratorios comerciales, inspecciones de compañías de seguros, etc..

k. Conservación y calibración del equipo de pruebas e inspección. La conservación y calibración del equipo en cuanto a costos comprende lo que devenga el personal de mantenimiento por el tiempo empleado en calibrar y cuidar el equipo de pruebas e inspección.

l. Revisión del producto y embarque del mismo. Representa los costos aplicables al tiempo al cual

los inspectores de producción tardan en hacer una revisión de los datos correspondientes a las pruebas e inspección del producto antes de autorizar su entrega.

m. Pruebas de campo. Estos son los costos en que se incurre por pruebas en el terreno de uso del consumidor antes de la entrega definitiva del producto, y comprende gastos de viaje y estancia, etc..

III. Costos de prevención.

a. Planeación de la calidad. La planeación de la calidad comprende los gastos correspondientes al tiempo que el personal de la función del control de calidad invierte en la planificación del sistema de calidad y en transformar los diseños de productos y los requisitos, exigidos por los consumidores, en controles específicos de fabricación, sobre la calidad de materiales, procesos y productos, por medio de métodos de procedimientos e instrucciones.

b. Control de proceso. El control de proceso comprende los costos originados por el tiempo que el personal de control de calidad emplea en estudiar y analizar los procesos de manufactura, con el fin de establecer medios de control y mejoramiento de la capacidad de los procesos

existentes; así como proporcionar ayuda técnica al personal de manufactura en la aplicación efectiva de los planes de calidad y en la iniciación y desarrollo del control en las operaciones de la producción.

c. Planeación de la calidad por funciones distintas al control de calidad. La planeación de la calidad por funciones que no pertenecen al control de la calidad, tales como los estudios de confiabilidad, análisis de calidad en la preproducción, redacción de instrucciones para pruebas, inspección y control de proceso, originan gastos aplicables a prevención. En algunas operaciones este trabajo es desempeñado por el personal de Ingeniería de Producción.

d. Diseño y desarrollo del equipo de información de calidad. Costos ocasionados por el tiempo empleado en el diseño y desarrollo del equipo de información de calidad, medidas de seguridad y artificios de control. Este capítulo incluye al personal de cualquier dependencia dentro de la empresa que desarrolle esta actividad. No incluye el costo del equipo ni la depreciación del mismo.

e. Instrucción sobre la calidad. Los costos relativos al adiestramiento en los programas de control de calidad en todas las operaciones de la

compañía y que tiene como finalidad que el personal se percate del uso del control de calidad y de sus técnicas. No incluye los costos debidos al adiestramiento de los operadores de manufactura con relación al volumen de producción.

f. Otros gastos de la prevención. Gastos bajo la responsabilidad del gerente de control de calidad no especificados en estos capitulos, tales como: secretaria, teléfonos, rentas, gastos de viaje, etc..

Una vez que los costos de calidad han sido identificados y obtenidos, es necesario someterlos a un análisis antes de que se usen como base para tomar una acción. Lo anterior consiste en analizar cada elemento de costo en relación con otros elementos y con el total. Incluye también una comparación de tiempo en tiempo; por ejemplo: la operación de un mes en relación a algunas operaciones mensuales anteriores. Esta comparación adquiere mayor importancia cuando el monto en moneda del costo de la calidad por determinado periodo se refiere a la actividad total de la producción en el mismo.

Se sugiere que los costos de calidad se refieran, por lo menos, a tres bases diferentes. Las bases seleccionadas dependerán de: (a) mano de obra, (b) mano de obra directa productiva, (c) costo de suministro de planta, (d) costo de producción en la planta, (e) costo total de la producción,

(f) valor contribuido, (g) equivalente a unidades producidas, y/o (h) monto neto de ventas. En adición, será de interés la interrelación de los tres segmentos del costo de calidad.

A fin de marcar las Áreas que requieren de prioridad por los esfuerzos que concentran en la calidad y su control, se realiza un detalle sobre los costos totales de operación en las Áreas principales del proceso. Los reportes de tipo regular de control de calidad se harán en forma periódica, ya sea semanal, mensual o cuatrimestralmente, según sea requerido. Estos reportes contendrán los gastos relativos a los costos de calidad que se seleccionen, así como las bases de comparación seleccionadas. Contendrán también los datos relativos a los costos de calidad de períodos anteriores para poder apreciar las tendencias que se presentan.

Los diferentes costos de calidad en las operaciones se clasifican de acuerdo con los tres segmentos en que se hallan divididos los costos. La tabla 10 es un ejemplo de la forma en que se reportan los costos.

VIII.2 Selección de bases de medida de los costos de calidad.-

Las bases para medir los costos de calidad en las operaciones son de mucha importancia y deben ser escogidas con cuidado; es indispensable considerar las ventajas y desventajas de las bases antes de hacer una selección definitiva. Para esto, debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Grado de sensibilidad a las altas y bajas de los calendarios de producción.
2. Grado de afectación por la mecanización y por bajos costos de mano de obra resultantes.
3. Grado de afectación por las ventas en épocas especiales.
4. Alterabilidad por fluctuaciones en precios.

En el caso de ser afectadas por las influencias mencionadas, las bases deberán ser seleccionadas de modo que reflejen circunstancias corrientes o usuales.

En atención a la posibilidad de que las circunstancias antes mencionadas puedan tener lugar en épocas futuras y que por tal razón los datos presentes pierdan su actualidad, se aconseja que no se tome una medida única como base. En la mayoría de los casos se escogen tres de las siguientes bases a saber: mano de obra, costos de producción, ventas y unidades de producto.

VIII.3 Metas de los costos de calidad.-

Cuando se ha completado un análisis de costos de calidad, la interpretación consiste en entrar en un período de acción. Es conveniente expresar resultados por medio de una relación de valores. A medida que el programa progresa y los casos de fallas mayores se han controlado, los esfuerzos preventivos producen resultados inferiores en magnitud llegando un momento en que la curva se aproxima a una recta, desde ese momento los esfuerzos por reducir deficiencias deben

aplicarse a conservar el nivel conquistado. Los reportes completos y análisis de costos de calidad ayudan a conseguir ese punto óptimo.

A la inversión de dinero en corregir un producto o proceso corresponde una reducción en inspección y pruebas, y en una disminución en fallos y quejas. Debido a esta relación de los segmentos de los costos de calidad, la reducción en uno de ellos se hace sentir en los otros. Esta aseveración no debe interpretarse como que por cada unidad monetaria ahorrada en un segmento, su efecto se hará sentir en igual magnitud en otro.

VIII.4 Aplicación de los costos de calidad.-

1. El costo de calidad como instrumento de medida. Desde el momento en que el costo de calidad ha sido fraccionado en segmentos, el gerente de calidad puede obtener de la manera más fácil una estimación en valor monetario para cualquiera de las actividades. Los costos de calidad, por los resultados logrados, proporcionan medios de comparación para valorar los programas.

2. Los costos de calidad como medio de análisis de calidad del proceso. Al analizarse determinados segmentos del proceso, se demarcarán las áreas en las cuales se presentan los mayores problemas.

3. Los costos de calidad como medio para formular programas. Un análisis suministra bases de acción. La planeación de la forma en que esa acción puede ser aplicada,

constituye la estructuración y establecimiento de un programa. Una de las funciones importantes del programa radica en la elección de personal capacitado y de otros recursos para actualizar la acción requerida en cada caso. Como los recursos están por lo general limitados, los costos de calidad facilitan los medios para identificar las actuaciones con mayor éxito potencial que deben gozar la prioridad en el desarrollo del programa. Dicho programa describe la acción y precisa cuando debe principiar, quién es el responsable de la acción, el tiempo necesario para cada período y cuales son los resultados esperados. Esta clase de programas proporcionan los medios para que el personal preste su máxima contribución al mejoramiento de la calidad de un producto y a la reducción de los costos de calidad.

4. Los costos de calidad como base para los presupuestos. Los costos de la calidad sirven de guía para la formulación de presupuestos, de modo que los programas de control de calidad puedan llevarse a efecto. Estos programas deben ajustarse a los objetivos para concretarse en la obtención de productos de alto nivel de confiabilidad.

5. Otras categorías de costos de calidad. Aún cuando los costos operativos de calidad son de primera categoría desde el punto de vista monetario y de control, existen otras categorías que no pueden ser ignoradas; tales como la de costos indirectos de calidad y costos de equipo de calidad.

Los costos indirectos incluyen costos que en otros

negocios permanecen ocultos. Por ejemplo, el precio de compra de materias primas, el cual incluye los costos operativos del proveedor. Si el proveedor reduce sustancialmente sus costos operativos, el resultado se podrá observar en una rebaja en los precios a sus consumidores. Otras reducciones atribuibles al control de calidad provienen de una reforma en el diseño que puede redundar en una reducción de mano de obra, materiales y equipo; o bien en una reducción en inventarios o en la cantidad de materiales en espera de inspección.

Los costos de equipo de calidad, representa capital invertido en la adquisición de equipo para mediciones específicas en la aceptación y control.

Tabla 10. Costos operativos de la calidad.-

COSTOS OPERATIVOS DE LA CALIDAD				
	PRIMER TRIMESTRE	SEGUNDO TRIMESTRE	TERCER TRIMESTRE	CUARTO TRIMESTRE
BASTOS (en _____)				
PREVENCIÓN				
APRECIACIÓN				
FALLAS:				
INTERNA				
EXTERNA				
TOTAL				
EN PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN				
PREVENCIÓN				
APRECIACIÓN				
FALLAS:				
INTERNA				
EXTERNA				
TOTAL				
CATEGORÍAS SIGNIFICATIVAS EN PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN				
PLANEACIÓN DE LA CALIDAD				
INSPECCIÓN				
DESPERDICIO Y REPROCESO				
QUEJAS				

CAPTULO IX

CONCLUSIONES

IX. CONCLUSIONES.-

Si bien se a venido dando una rápida innovación de productos así como una intensa substitución de materiales; por otro lado, en varios renglones la satisfacción de los usuarios a disminuido y los costos de los productos se han incrementado. Lo anterior pone de manifiesto que a pesar de la actividad de progreso que se está realizando, se está sufriendo deterioro en la calidad y productividad, lo cual es grave en tanto que frena el desarrollo económico y social.

De esta manera resulta indispensable que en las empresas se tomen acciones para reinvertir los resultados, es decir que se logre un continuo aumento en la satisfacción de los usuarios y se compensen los incrementos de costo de los insumos o incluso se obtengan ahorros que lo superen, de modo que se ofrezcan mejores productos a precios más bajos, incrementándose así el número de consumidores y por lo tanto las ventas, producción y empleo, con el fin de estimular el crecimiento de la economía.

Dentro de las acciones que han resultado de mayor beneficio inmediato y a largo plazo, ha sobresalido la implementación de los sistemas de control de calidad.

El sistema de calidad es un mecanismo coordinador y controlador de la intervención de todas las funciones y especialidades necesarias para concibir, producir y distribuir un producto o servicio. En cierta manera, toda empresa lleva a cabo esta coordinación, sin embargo no

siempre se ha logrado satisfacer óptimamente al mercado, ni alcanzar niveles razonables de productividad, en virtud de la carencia de un sistema adecuado.

Un buen sistema de calidad debe caracterizarse por:

1. Ser eminentemente preventivo y propulsor del cambio.
2. Incidir en amplias ventajas económicas y en una mayor satisfacción de los usuarios.
3. Tanto la dirección general como los principales ejecutivos deben tener una mentalidad plenamente orientada por la calidad, la productividad y las ventajas de la participación del trabajador.
4. Las condiciones organizacionales, interdepartamentales y a nivel de los mandos medios deben propiciar el autocontrol.
5. Es necesario que los trabajadores avancen hacia el autocontrol.
6. A través de los materiales de compra se enfatiza la comunicación y las relaciones con los trabajadores.
7. Evaluación de los diseños antes de la producción.
8. Evaluación de la calidad del producto después de la producción e incluso ya en manos del consumidor.

Por otro lado, un sistema de calidad debe estar comprendido por cuatro subsistemas básicos, los cuales son:

- Control de diseño. El control de diseño incluye todos los elementos y actividades necesarias para asegurar que el diseño responde lo mejor posible a los requerimientos

de uso y que es eficientemente producible. Entre las actividades que constituyen a este subsistema se tienen: verificación de los requerimientos de uso, optimización del diseño, comprobación de la adecuación al uso en base a prototipos, evaluación de la producibilidad en base a una producción piloto, control de los cambios de especificaciones de ingeniería y otras. Desde luego que entre más complejo es el producto y/o mayores volúmenes de producción, la evaluación del diseño deberá ser más profunda.

- Control de materiales de compra. En lo relacionado a los materiales de compra, más que confiar en la sola inspección de recibo o de entrada, es necesario efectuar actividades de tipo preventivo. Deben realizarse inspecciones en la planta del proveedor, certificando y calificando la calidad de las materias primas y auditando el sistema de calidad del proveedor.

- Control de calidad en producción. Para el diseño del control de calidad en la producción, deben identificarse los factores dominantes en la calidad y productividad. De tal manera que si el factor dominante es el trabajador, debe recurrirse a reforzar la supervisión y motivación a fin de propiciar que se avance hacia el autocontrol; si es el equipo o herramental, deberá procurarse identificar las capacidades de calidad de las máquinas, y de acuerdo a las especificaciones requeridas seleccionar el equipo,

evaluar el ajuste y periódicamente comprobar que el equipo sigue bajo control. Si la materia prima fuera el factor dominante y si a nivel de inspección de entrada no fuera posible su selección, será necesario que el propio trabajador compruebe las características de éstas y de no ser las adecuadas las elimine.

- Control del producto. El control del producto abarca todas las actividades que se realizan después de que se ha terminado el producto, con el fin de asegurar la plena satisfacción del usuario. Es necesario efectuar auditorías del producto terminado con el propósito de detectar anomalías en la producción y/o en los materiales, así como para anticipar el comportamiento del producto en el campo.

Como se mencionó dentro de las características que debe tener el sistema de calidad, el autocontrol debe ser propiciado por las condiciones de la empresa y todos los trabajadores deben participar, para lo cual se requiere del cumplimiento de las siguientes condiciones:

- a) Todos dentro de la organización saben qué se espera de ellos y cuál es su responsabilidad.
- b) Cada persona cuenta con los conocimientos necesarios para cumplir con su responsabilidad, para lo cual se deberá tener un sistema continuo de capacitación.
- c) Se cuenta con los medios necesarios y en buenas condiciones para llevar a cabo adecuadamente el trabajo.

d) Cada quien dentro de la organización tiene manera de comprobar que su trabajo lo está realizando bien.

e) Todos tienen interés por efectuar su trabajo con calidad y productividad, es decir, están motivados.

Para finalizar podemos agregar que el control de calidad no es ninguna fórmula mágica. Es una disciplina que requiere alejar muchos malos hábitos y adoptar nuevas formas de pensar y hacer las cosas. Es un trabajo de equipo, lo cual es un elemento vital en cualquier sistema en donde la gente participa en forma conjunta para conseguir una meta.

ANEXOS

ANEXO I

FACTORES PARA CONTROLAR LAS LIBRAS DE CONTROL

Observaciones en la cuadra, a	Carta para proporción			Carta para desviaciones estándar						Carta para rango						
	Factores para límites de control			Factores para límites central			Factores para límites de control			Factores para límite central		Factores para límites de control				
	a	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	
2	2.121	1.000	2.629	0.790	1.253	0.000	2.267	0.000	2.006	1.120	0.007	0.031	0.000	2.100	0.000	2.267
3	1.732	1.022	1.954	0.806	1.120	0.000	2.260	0.000	2.273	1.473	0.291	0.000	0.000	4.220	0.000	2.273
4	1.500	0.729	1.620	0.921	1.005	0.000	2.266	0.000	2.000	2.029	0.406	0.000	0.000	0.400	0.000	2.262
5	1.342	0.577	1.427	0.960	1.064	0.000	2.007	0.000	1.964	2.226	0.420	0.264	0.000	0.710	0.000	2.114
6	1.225	0.463	1.297	0.922	1.051	0.020	1.970	0.020	1.874	2.224	0.292	0.440	0.000	0.070	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.929	1.047	0.110	1.002	0.113	1.004	2.704	0.270	0.033	0.204	0.204	0.076	1.924
8	1.061	0.337	1.099	0.945	1.044	0.125	1.013	0.129	1.021	3.047	0.251	0.020	0.200	0.200	0.126	1.804
9	1.000	0.257	1.032	0.949	1.032	0.210	1.011	0.222	1.017	2.976	0.227	0.000	0.247	0.200	0.100	1.816
10	0.949	0.200	0.975	0.923	1.020	0.204	1.016	0.216	1.049	3.070	0.122	0.297	0.067	0.469	0.223	1.777
11	0.905	0.200	0.927	0.923	1.025	0.221	1.029	0.215	1.037	3.173	0.113	0.292	0.011	0.223	0.226	1.746
12	0.864	0.246	0.886	0.923	1.022	0.254	1.044	0.246	1.018	3.220	0.207	0.170	0.022	0.299	0.205	1.717
13	0.823	0.249	0.850	0.929	1.021	0.282	1.018	0.274	1.005	3.256	0.204	0.270	1.522	0.447	0.227	1.676
14	0.002	0.223	0.817	0.901	1.019	0.006	1.004	0.299	1.063	3.007	0.204	0.243	1.110	0.490	0.230	1.672
15	0.775	0.223	0.709	0.962	1.010	0.020	1.022	0.421	1.064	3.472	0.200	0.230	1.202	0.241	0.247	1.632
16	0.730	0.212	0.743	0.994	1.012	0.400	1.022	0.440	1.024	3.522	0.202	0.230	1.202	0.242	0.242	1.622
17	0.720	0.205	0.729	0.995	1.014	0.444	1.024	0.450	1.011	3.500	0.202	0.244	1.226	0.220	0.270	1.622
18	0.707	0.194	0.710	0.995	1.012	0.002	1.010	0.475	1.006	3.444	0.222	0.229	1.424	0.226	0.271	1.608
19	0.680	0.187	0.690	0.900	1.014	0.027	1.003	0.490	1.002	3.609	0.221	0.234	1.407	0.291	0.003	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.967	1.012	0.210	1.000	0.204	1.020	3.223	0.244	0.229	1.249	0.221	0.010	1.500
21	0.655	0.172	0.665	0.900	1.012	0.223	1.027	0.244	1.029	3.720	0.243	0.224	1.400	0.291	0.425	1.574
22	0.644	0.167	0.661	0.900	1.012	0.230	1.044	0.226	1.040	3.810	0.243	0.220	1.400	0.279	0.024	1.566
23	0.624	0.162	0.621	0.900	1.011	0.242	1.023	0.227	1.020	3.820	0.229	0.216	1.210	0.400	0.443	1.520
24	0.612	0.152	0.612	0.900	1.011	0.220	1.040	0.249	1.029	3.890	0.222	0.212	1.210	0.411	0.021	1.500
25	0.600	0.151	0.606	0.990	1.011	0.265	1.025	0.229	1.021	3.921	0.224	0.200	1.006	0.406	0.029	1.501

ANEXO 2

FORMULAS PARA EL CALCULO DE MEDIA, RANGO Y LIMITES DE CONTROL

MEDIA

$$\bar{X} = \frac{\text{SUM } X_n}{n}$$

donde n=7

RANGO

$$R = X_{\text{mayor}} - X_{\text{menor}}$$

PROMEDIO DE LA MEDIA

$$\bar{X} = \frac{\text{SUM } \bar{X}_k}{k}$$

donde k=5

PROMEDIO DEL RANGO

$$\bar{R} = \frac{\text{SUM } R_k}{k}$$

donde k=5

LINEAS DE CONTROL

MEDIA

$$\text{L.C.} = \bar{X}$$

$$\text{L.C.S.} = \bar{X} + A2 \bar{R}$$

$$\text{L.C.I.} = \bar{X} - A2 \bar{R}$$

RANGO

$$\text{L.C.} = \bar{R}$$

$$\text{L.C.S.} = D4 \bar{R}$$

$$\text{L.C.I.} = D3 \bar{R}$$

los valores A2, D3 y D4 se obtienen de la tabla contenida en el anexo 1.

ANEXO 3

EFFECTOS DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE ALEACION SOBRE LAS PROPIEDADES DEL ACERO.

Efecto sobre el acero	Elementos principales de aleacion														
	N	C	Cr	Co	Cb	Cu	Pb	Mn	Mo	Ni	Si	S	Ti	W	V
Mejorant															
Resistencia a la abrasion	X	X	X					X							
Resistencia a la abrasion			Y			Y				X					
Capacidad para desoxidar								X			X				
Ductilidad										X					
Lmite elastico			Y						Y	X					
Propiedades electricas y magnetizas											X				
Resistencia a la fatiga										X					X
Estructura granular					Y			X					X		X
Endurecibilidad	Y	Y	X					Y	X	X					Y
Dureza	X	X	X						X						
Servicio a altas temperaturas					Y				X	X			Y	Y	
Resistencia al impacto			Y												X
Facilidad de maquinado															
Propiedades magneticas								X				X			
Resistencia a los choques			Y						X						X
Resistencia a la traccion	Y	Y	Y		Y			X	X	Y			X	Y	
Tenacidad			X					X	X	X				X	X
Resistencia al desgaste	X	Y	Y	Y				X							X
Trabajabilidad			Y					Y							

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA.

1. ANSI/ASQC Z 1.3
CONTROL CHART METHOD OF CONTROLLING
QUALITY DURING PRODUCTION.
AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY CONTROL,
MILWAKEE, WISCONSIN, 1985
29 PP.
2. ASTM E8-86
STANDARD METHODS OF TENSION TESTING OF
METALLIC MATERIALS.
AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS,
PHILADELPHIA, 1986.
23 PP.
3. ASTM E18-84
STANDARD TEST METHODS FOR ROCKWELL HARDNESS
AND ROCKWELL SUPERFICIAL HARDNESS OF
METALLIC MATERIALS.
AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS,
PHILADELPHIA, 1984.
26 PP.
4. ASTM E32-86
STANDARD PRACTICES FOR SAMPLING FERROALLOY
AND STEEL ADDITIVES FOR DETERMINATION OF
CHEMICAL COMPOSITION.
AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS,
PHILADELPHIA, 1986.
6 PP.
5. ASTM E353-86A
STANDARD METHODS FOR CHEMICAL ANALYSIS OF
STAINLESS, HEAT RESISTING, HARDENING, AND
OTHER SIMILAR CHROMIUM-NICKEL-IRON ALLOYS.
AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS,
PHILADELPHIA, 1986.
35 PP.
6. AVILA ESPINOSA, RUBEN.
LA DISCIPLINA DEL CONTROL DE LA CALIDAD:
CONVENCIAS Y ENSAYOS DE 1720 A 1790.
IMPRESIONES ARIES, MEXICO 1981.
VARIA PP.
7. CROSBY, PHILLIP B.
QUALITY IS FREE.
McGRAW HILL BOOK CO., NEW YORK 1982.
109 PP.

8. FEIGENBAUM, A. V.
CONTROL TOTAL DE CALIDAD INGENIERIA Y ADMINISTRACION.
 COMPANIA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A.,
 MEXICO, 1978.
 730 PP.
9. ISHIKAWA, KAORU.
GUIDE TO QUALITY CONTROL.
 ASIAN PRODUCTIVITY ORGANIZATION, TOKYO
 1982.
 226 PP.
10. ISHIKAWA, KAORU.
QUALITY CONTROL CIRCLES ACTIVITIES.
 UNION OF JAPANESE SCIENTIST AND ENGINEERS,
 TOKYO 1983.
 230 PP.
11. ISHIKAWA, KAORU.
QUALITY CONTROL CIRCLES AT WORK.
 ASIAN PRODUCTIVITY ORGANIZATION, TOKYO
 1984.
 232 PP.
12. JURAN, J. M.
QUALITY CONTROL HANDBOOK.
 MCGRAW HILL BOOK CO., NEW YORK 1962.
 VARIA PP.
13. KAZANAS, H.C., BAKER, G.E., GREGOR, T.G.
PROCESOS BASICOS EN MANUFACTURA.
 MCGRAW HILL, MEXICO 1983.
 396 PP.
14. KIRK, R.E., OTTNER, D.F.
ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGIA QUIMICA, VOL. I.
 UTEHA, MEXICO 1961.
 82-128 PP.
15. MORGAN, A.H., HARRIS, D.H.
CONTROL DE CALIDAD REFERIDO AL DISEÑO.
 ELECTRICAL MANUFACTURE, VOL.56, NUM. 2,
 AGOSTO 1955.
 117-118 PP.
16. OTT, ELLIS R.
PROCESS QUALITY CONTROL.
 MCGRAW HILL BOOK CO., USA 1975.
 379 PP.

17. PETERS, A.T.
EFFECTIVE PRODUCTION METALLURGY.
JOHN WILEY & SONS, NEW YORK 1982.
299 PP.
18. QUALITY ASSURANCE: METHODS, MANAGEMENT
AND MOTIVATION.
SOCIETY OF MANUFACTURING ENGINEERS,
MICHIGAN 1981.
248 PP.
19. STEINMETZ, C.P.
RADIATIONAL LIGHT AND ILLUMINATION.
McGRAW HILL CO., INC., NEW YORK.
234 PP.
20. TOTAL QUALITY CONTROL AND QUALITY CIRCLES.
CAMBRIDGE REPORT NUM. 1
THE CAMBRIDGE CORP., TOKYO, 1982
137, [150] PP.