



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSO

**ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LAS OBRAS
DE VIAS TERRESTRES**

DEL 13 AL 16 DE AGOSTO 1996

DIVERSOS TEMAS

**MEXICO D.F.
PALACIO DE MINERIA
1996**



1994

1994

1994



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSO

**ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LAS OBRAS
DE VIAS TERRESTRES**

DEL 13 AL 16 DE AGOSTO 1996

DIVERSOS TEMAS

**MEXICO D.F.
PALACIO DE MINERIA
1996**

"ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LAS OBRAS DE VIAS TERRESTRES"

PROGRAMA

HORA TEMA EXPOSITOR

DIA 13 DE AGOSTO DE 1996

09:00 - 10:30 h	TEMA I	Ing. Gabriel Gutiérrez Rocha
10:30 - 10:45 h	R E C E S O	
10:45 - 12:15 h	TEMA I	Ing. Gabriel Gutiérrez Rocha
12:15 - 12:30 h	R E C E S O	
12:30 - 14:00 h	TEMA II	Ing. Gabriel Gutiérrez Rocha
14:00 - 15:00 h	COMIDA	
15:00 - 16:30 h	TEMA II	Ing. Gabriel Gutiérrez Rocha
16:30 - 16:45 h	R E C E S O	
16:45 - 18:00 h	TEMA II	Ing. Jorge López Vicente

DIA 14 DE AGOSTO DE 1996

09:00 - 10:30 h	TEMA III	Dr. Octavio A. Rascón Chávez
10:30 - 10:45 h	R E C E S O	
10:45 - 12:15 h	TEMA III	Dr. Octavio A. Rascón Chávez
12:15 - 12:30 h	R E C E S O	
12:30 - 14:00 h	TEMA III	Dr. Octavio A. Rascón Chávez
14:00 - 15:00 h	COMIDA	
15:00 - 16:30 h	TEMA III	Dr. Octavio A. Rascón Chávez
16:30 - 16:45 h	R E C E S O	
16:45 - 18:00 h	TEMA III	Dr. Octavio A. Rascón Chávez

"ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LAS OBRAS DE VIAS TERRESTRES"

PROGRAMA

HORA TEMA EXPOSITOR

DIA 15 DE AGOSTO DE 1996

09:00 - 10:30 h	TEMA IV	Ing. Gabriel Gutiérrez Rocha
10:30 - 10:45 h	R E C E S O	
10:45 - 12:15 h	TEMA IV	Ing. Carlos Domínguez Suárez
12:15 - 12:30 h	R E C E S O	
12:30 - 14:00 h	TEMA IV	Ing. Carlos Domínguez Suárez
14:00 - 15:00 h	COMIDA	
15:00 - 16:30 h	TEMA V	Ing. Julián L. Bravo Martínez
16:30 - 16:45 h	R E C E S O	
16:45 - 18:00 h	TEMA V	Ing. Julián L. Bravo Martínez

DIA 16 DE AGOSTO DE 1996

09:00 - 10:30 h	TEMA V	Ing. Julián L. Bravo Martínez
10:30 - 10:45 h	R E C E S O	
10:45 - 12:15 h	TEMA V	Ing. Julián L. Bravo Martínez
12:15 - 12:30 h	R E C E S O	
12:30 - 14:00 h	TEMA VI	Ing. Carlos Domínguez Suárez
14:00 - 15:00 h	COMIDA	
15:00 - 16:30 h	TEMA VI	Ing. Jorge López Vicente
16:30 - 16:45 h	R E C E S O	
16:45 - 18:00 h	TEMA VI	Ing. Jorge López Vicente

EXPERIENCIAS EN LAS OBRAS CIVILES DE CFE

ING. ELMUNDO MORENO GOMEZ
Gerente de Ingeniería Experimental y Construcción de la CFE

Creemos que se ha avanzado considerablemente en la aceptación y reconocimiento de las ventajas que representan estos sistemas de aseguramiento de calidad, pues en casi todas las obras, conforme avanzó la construcción, los problemas se fueron resolviendo y los contratistas terminaron aplicando en forma efectiva sus correspondientes sistemas de aseguramiento de calidad.

Actualmente, en la Comisión Federal de Electricidad (CFE), las bases de los concursos incluyen sistemáticamente el requerimiento de la aplicación de un sistema de aseguramiento de calidad, tanto para los constructores como para los grupos de supervisión. Por cierto, esta práctica se hace cada vez más extensiva, para trabajos de empresas tanto públicas como privadas y se convierte en una necesidad ante la apertura del mercado a otros países.

Para el caso de la construcción de obras convencionales, y a pesar de haber promovido su aplicación desde hace unos cinco años, principalmente en proyectos contratados bajo la modalidad "llave en mano",

estos requisitos representan un en estos días asombro y en no pocos casos cierto enojo de los contratistas por considerar como impráctica y exagerada la aplicación de un Sistema de Aseguramiento de Calidad (SAC), máxime en contratos de menor cuantía. Esta forma de reaccionar es casi natural y explicable, tomando en consideración que tanto la metodología para la aplicación de este tipo de sistemas, como las ventajas obtenidas, han sido poco profundas en nuestro medio y, por tanto, su implantación provoca incertidumbre.

Un ejemplo de este tipo de reacción es la ocurrida en el laboratorio de obras civiles de la CFE cuando, al final de los sesenta, hubo la necesidad de

aplicar un sistema de aseguramiento de calidad para convertirse en "proveedor confiable" en el área de materiales para la fabricación de los concretos para el proyecto nuclear eléctrico de Laguna Verde. En ese momento, el requerimiento de un SAC parecía una ofensa y un sistema innecesario, ya que se había adquirido una gran experiencia de 1958 a 1978 al participar directamente en los estudios de bancos de materiales, diseño de mezclas y supervisión en la fabricación-colocación de concretos de todo tipo, con volúmenes acumulados de varios millones de metros cúbicos, empleados para la construcción de las grandes obras hidroeléctricas y termoeléctricas que se realiza en ese

Editorial

UN RECURSO PARA SER MEJORES

P

or la responsabilidad que implica la construcción de la infraestructura de una nación, el aseguramiento de la calidad es un elemento intrínseco en la formación de los ingenieros civiles. En la gerencia de proyectos, diseño, procuración, puesta en operación y conservación de obras, el control de cada paso y cada elemento no puede estar librado a decisiones arbitrarias.

En la gran mayoría de los casos, se pone de manifiesto la responsabilidad de los ingenieros mexicanos en el ejercicio de su profesión, como atestiguan las grandes obras de infraestructura que cubren el país. Es por ello que, dado como obvio el control de la calidad en su trabajo, muchos se resisten a los controles de calidad externos o a la implementación de normas.

Sin embargo, el afán por ser mejores, la evolución del comercio mundial y un mercado globalizado y altamente competido, obligan a extremar las medidas para no perder espacios y conquistar nuevos.

Para enfrentar estos desafíos, primero debemos reconocer la existencia de prejuicios frente a la normatividad de los sistemas de control de calidad; en segundo lugar, aceptar que en el corto plazo ésta será imprescindible y, finalmente, entender que su aplicación redundará en la optimización de resultados.

Quienes hacen de la calidad un elemento primordial de su trabajo, enfrentarán con éxito la aplicación de un control sistematizado. En definitiva, si realmente somos conscientes de que hacemos las cosas bien y de que podemos mejorarlas, la aplicación de una normatividad del control de calidad no será un "obstáculo" a salvar, sino un recurso para ser mejores.

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

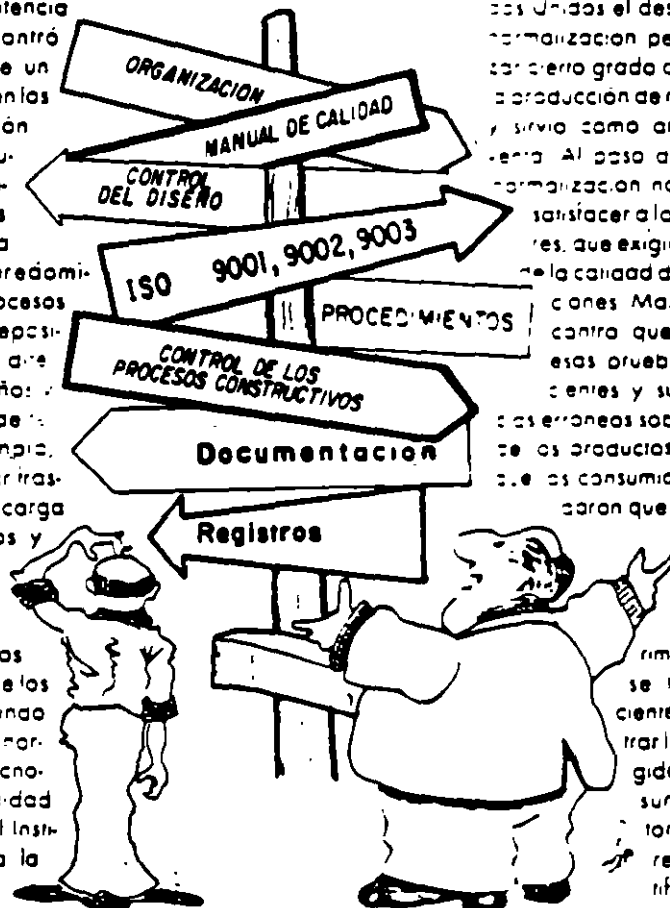
NORMALIZACION, CERTIFICACION Y ACREDITAMIENTO

DRA. MERCEDES IRIESTE ALFONDRÉ

Directora general del Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C.

A principios de siglo, el creciente despegue industrial de la potencia americana se encontró con el obstáculo de un enorme caos, tanto en los sistemas de medición como en las magnitudes y pruebas de productos industriales con un mismo uso. La heterogeneidad predominante dificultaba procesos básicos, como la reposición de partes, las diferencias en los tamaños y diseños de las vías de fabricación. Por ejemplo, se debían realizar traslados de casa e y carga con mayores costos y pérdidas de tiempo.

El Departamento Nacional de Normas de Estados Unidos destacó como uno de los más activos del mundo en formulación de normas y desarrollo tecnológico. En la actualidad su liderazgo ocupa el Instituto Nacional para la Ciencia y la Tecnología.



Al igual que en las demás ciencias industriales, en Estados Unidos el desarrollo de la normalización permitió alcanzar cierto grado de calidad en la producción de manufacturas y sirvió como argumento de venta. Al paso del tiempo, la normalización no bastó para satisfacer a los consumidores, que exigieron pruebas de la calidad de sus adquisiciones. Mas tarde se encontró que muchas de esas pruebas eran deficientes y suscitaban juicios erróneos sobre la calidad de los productos, de manera que los consumidores demandaron que se realizaran en laboratorios acreditados.

Este requerimiento también se tornó insuficiente para demostrar la calidad exigida por los consumidores. Entonces, se debió recurrir a la certificación de la calidad, aplica-

Para consolidar la aplicación de normas del comercio internacional, así como la certificación respectiva, es necesario un gran esfuerzo para cambiar actitudes anticuadas en los sectores público, privado, educativo y de investigación y desarrollo tecnológico. Lejos de ser algo más, la tarea de demostrar la existencia de calidad comienza a sentar nuevas bases para el crecimiento económico.

Las tendencias actuales de la comercialización señalan que a los vendedores corresponde cada vez más demostrar el cumplimiento de las normas voluntarias u obligatorias. Para lograrlo, recurren cada vez más al apoyo de laboratorios de pruebas y de organismos de verificación y certificación de la calidad acreditados. Así, se busca el respaldo de organizaciones con reconocimiento de competencia técnica.

ble a los bienes industriales, los procesos productivos e incluso las personas.

Certificar la calidad de algo o acreditar la competencia técnica de alguien no escapa de la vieja máxima referida. De ahí la importancia de que las normas de calidad se apliquen también a los procesos de certificación y acreditamiento. En estos campos, como en cualquier otro, las normas deben contribuir a la estabilidad en las relaciones comerciales y no significar barreras tecnológicas que afecten a las actividades económicas.

En los países industrializados, con vastos recursos tecnológicos, la elaboración de normas resulta rutinaria, las conocen los usuarios y tienen una aplicación permanente. En las naciones en desarrollo, por el contrario, se formulan en espacios muy reducidos y con limitaciones notorias por la escasez de recursos humanos capaces de asumir las nuevas tecnologías de normalización, certificación y acreditamiento.

ANTECEDENTES

Con el tiempo y en razón del vertiginoso dinamismo de las comunicaciones, los conceptos de comercialización se han modificado mucho. En otras épocas, el comprador tenía que comprobar la calidad del producto o servicio casi por sí mismo. Ella quedó de manifiesto en la sentencia: ¡que se cuide

quien compra! (Caveat emptor).

A medida que los consumidores pudieran seleccionar entre diferentes productos o servicios, así como exigir que los proveedores comprueben la calidad respectiva como condición de compra, la sentencia ha cambiado: ¡Que se cuide quien vende! (Caveat venditor).

Durante los últimos lustros se afianzaron los requerimientos de que los proveedores demuestren la calidad de sus productos o servicios, sobre todo tras la proliferación de entidades gubernamentales y privadas que buscan proteger a los consumidores de los abusos suyos o reales de los vendedores.

El fortalecimiento de estos organismos, sin embargo, se debió cuando existían reclamaciones en el comercio internacional por lo que su campo de acción prácticamente lo delimitan las fronteras nacionales.

Por lo general, en el comercio interno de bienes o servicios se aplican normas nacionales que determinan las características exigidas en el país. En el comercio entre naciones, esas normas pueden diferir por distintas causas, desde las referentes a las características de los insumos o el avance tecnológico en cada país hasta las condiciones climáticas particulares.

La falta de cuenta de que la aceptación adecuada de las normas constituye una herramienta

para facilitar la producción y la aceptación de bienes y servicios, en algunos casos se pueden asumir las normas internacionales como propias, quizás con algunas adaptaciones simples.

Por lo regular, las normas nacionales se dividen en dos categorías generales: obligatorias y voluntarias. Las primeras se fijan en reglamentaciones u otros instrumentos regulatorios que por exigencias gubernamentales son de cumplimiento forzoso y aplicables por igual a productos nacionales e importados. Su incumplimiento causa sanciones, por lo que pueden constituir barreras no arancelarias al comercio. En México, se denominan NOM o Normas Oficiales Mexicanas.

Las normas voluntarias se utilizan para simplificar las transacciones en la industria y el comercio, pero se convierten en obligatorias cuando figuran en las cláusulas de un contrato. En México se identifican como NMX o Normas Mexicanas.

En el país es necesario formular ambas categorías de normas nacionales para proteger a los sectores en que la cobertura normativa resulta deficiente, así como revisarlas en aquellos donde la cobertura parece suficiente, también es preciso buscar un sistema para armonizarlas con las de actuales o futuras socios comerciales.

Las tendencias actuales de la comercialización señalan que a los vendedores corresponde cada vez más demostrar el cumplimiento de las normas voluntarias u obligatorias en productos, procesos y servicios. Para lograrlo, recurren cada vez más al apoyo de laboratorios de pruebas y de organismos de verificación y certificación de la calidad acreditados. Así, se busca el respaldo de organizaciones con reconocimiento de competencia técnica.

La aceptación de las normas se puede demostrar a medida de certificación, es decir,



de empresas y concesión de marcas. La certificación, es decir, la expresión documental del cumplimiento de normas, también se aplica en las transacciones comerciales tanto de manera voluntaria como obligatoria.

Como se mencionó, el comercio en los conceptos de comercialización obliga a los vendedores a demostrar que los bienes o servicios cumplen con normas de algún tipo para protección de los consumidores. Este hecho significa que se debe certificar la calidad respectiva.

La certificación puede realizarse por medio de una declaración de los productores que garantiza el acatamiento de normas, la comprobación por cada comprador o el testimonio de un tercero. Esta última opción implica recurrir a organismos competentes imparciales que puedan verificar el cumplimiento de normas, expedir los certificados respectivos y, según el caso, otorgar los registros a las marcas correspondientes.

Para facilitar las transacciones comerciales, conviene armonizar las normas. Una acción semejante respecto a las operaciones de los laboratorios de pruebas, unidades de verificación y organismos certificadores, puede evitar que se conviertan en barreras adicionales para el intercambio.

Las transacciones comerciales, en particular las que se hacen a distancia, deben cumplir las siguientes condiciones:

- ✓ Proteger y satisfacer al consumidor
- ✓ Cuidar el ambiente.
- ✓ Impedir la competencia desleal
- ✓ Exigir responsabilidad legal sobre productos o servicios defectuosos
- ✓ Evitar duplicidad de pruebas y reconocimientos resultados, aceptar marcas y certificados.

El reconocimiento de la calidad entre países exige armoni-

nizar los sistemas de medición de normalización los criterios de calidad, los procedimientos de prueba e incluso las legislaciones. Tal armonización, en marcha ya en algunas regiones, busca simplificar e intercambiar entre los agentes económicos, pero también convalidar la libre circulación de productos, procesos, servicios y personas.

Para consolidar la acción de normas del comercio internacional, así como la certificación respectiva, es necesario un gran esfuerzo para cambiar actitudes anacrónicas en los sectores público y privado educativo y de investigación y desarrollo tecnológico. Se debe ser algalútil, la tarea de armonizar la existencia de cosas contribuye a sentar nuevas bases para el crecimiento económico.

OBJETIVOS

DE LA NORMALIZACIÓN

Además de eliminar las barreras técnicas en el comercio, otro objetivo clave de la normalización es fijar las mismas reglas del juego para las partes involucradas. Conviene aplicar normas internacionales o armonizar las existentes, de modo que se faciliten los procesos de certificación y acreditamiento. Para ello se requiere

- ✓ Aceptar las mismas normas (armonizadas o como estándares)
- ✓ Acreditar a los organismos que hagan las calibraciones, pruebas, verificaciones y certificaciones, los cuales tendrán que utilizar procedimientos normalizados o armonizados
- ✓ Certificar conforme a normas certificadas expedidas en el país de origen.
- ✓ Documentar la forma como operan los organismos acreditadores públicos y privados para demostrar su competencia técnica, la confiabilidad de sus sistemas de trabajo y la imparcialidad que deben mantener

Las experiencias en los países más avanzados muestran que los sistemas de metrología, normalización y evaluación de calidad no surgen por generación espontánea. Para instituirlos se debe combinar el funcionamiento de una estructura legal específica con acciones congruentes en los aspectos de organización, investigación, educación y cambio de actitudes cuyos efectos suelen surgir después de un largo período de brella, se requiere iniciar cuantitativa y cualitativa antes los esfuerzos pertinentes en los países que pretenden tener una presencia más importante en el comercio internacional, con el beneficio correlativo para su comercio interno.

NORMALIZACIÓN

REGIONAL

En la Unión Europea, por ejemplo, se brinda un fuerte impulso al desarrollo de los procesos para certificar la calidad. Con base en un nuevo enfoque para la armonización técnica y la normalización, en el Viejo Continente se emprendieron las siguientes acciones:

- ✓ Limitar las legislaciones y, en su lugar, requisitos básicos por medio de directivas que se deben cumplir para proteger la salud y seguridad de los consumidores y evitar el deterioro del ambiente.
- ✓ Desarrollar normas regionales armonizadas por todos los miembros de la Unión Europea, para facilitar a los proveedores su acceso a un conjunto de normas técnicas, cuya aplicación "per se" garantiza la conformidad con el cumplimiento con los requisitos esenciales" expresados en las directivas.
- ✓ Normas europeas armonizadas son de carácter voluntario, pero los proveedores deben tener en cuenta que participar en el mercado exige demostrar el cumplimiento de los requisitos establecidos en las directivas para cualquier producto o familia de productos



Habida cuenta de que la aplicación adecuada de las normas constituye una herramienta para facilitar la producción de bienes y servicios.

en algunos casos, se pueden asumir las normas internacionales como propias, quizás con algunas adaptaciones simples

La capacidad técnica para acreditar laboratorios de pruebas y calibración, unidades de verificación y organismos de certificación, proporcionan herramientas básicas para hacer cumplir el principio básico de una norma armonizada no imponer o aceptar sin más lo que otros establecen.



Cuando es posible y congruen- te con los avances tecnológicos, las condiciones culturales y hasta las climáticas se adecuan y adoptan normas internacionales. El Conectar los compromisos de promover los instrumentos comunes para facilitar el reconocimiento mutuo de la evaluación de conformidad establece el principio de "discriminación" de modo que se otorgue un trato igualitario a los sistemas de evaluación por certificar y obtener la marca de conformidad de la Unión Europea. El reconocimiento de los normas europeas sobre seguridad de sistemas de calidad equivalentes a las series 3000 y 1000 de la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés). La aceptación de los sistemas ISO para la certificación de productos y, con base en ellos, el diseño de ocho módulos de evaluación aplicados a las directivas. Tales módulos se identifican con la letra A hasta la H, se aplican solos o en combinaciones para juzgar la conformidad. El acreditamiento de organismos de la Unión Europea distintivo de la Unión Europea. El acreditamiento de organismos de pruebas, calibración y de servicios de certificación. De los reconocimientos mutuos entre organismos de pruebas y certificación se encargan

EVALUACION DE LA CONFORMIDAD Y RECONOCIMIENTO MUTUOS

ellos mismos, ya que los gobiernos de los países miembros no participan, por la naturaleza privada de los acuerdos comerciales. Igual sucede en la declaración recíproca de productos y certificados por compradores y proveedores. No obstante, se quedan pacíficos reconocimientos intergubernamentales que exigen que se definan criterios de aplicación general para juzgar la calidad de los productos y servicios de interés. Ello conlleva a que los países receptores de estos certificados y armonización de normas de certificación, procurando eliminar los desventajas y mantener equidad de las relaciones comerciales. El bloque comercial de la Unión Europea, las actividades relacionadas con se encuentran en un estado incipiente. No habiéndose alcanzado en el sector eléctrico de comunicaciones, donde se realizan reuniones de trabajo para compatibilizar normas normativas. Apenas se expandieron los sistemas generales en materia de normalización que pertenecen al TLC de América del Norte. De acuerdo con ellas: Cada país conserva el derecho de adoptar, aplicar y hacer cumplir sus propias normas. Los servicios normales no se certifican a modo de excepciones como, para poder participar con opiniones de los países en armonización de normas. El criterio hacer compatible esas normas con base en los criterios interregionales. Los servicios se reconocen con la letra A hasta la H, se aplican solos o en combinaciones para juzgar la conformidad. El acreditamiento de organismos de la Unión Europea distintivo de la Unión Europea. El acreditamiento de organismos de pruebas, calibración y de servicios de certificación. De los reconocimientos mutuos entre organismos de pruebas y certificación se encargan

LA NORMALIZACION EN AMERICA DEL NORTE

CONCLUSIONES

El surgimiento de nuevas tecnologías en la vida nacional y globalización económica mundial y los grandes cambios en los sistemas de comercio internacional exigen que se definan criterios de aplicación general para juzgar la calidad de los productos y servicios de interés. Ello conlleva a que los países receptores de estos certificados y armonización de normas de certificación, procurando eliminar los desventajas y mantener equidad de las relaciones comerciales. El bloque comercial de la Unión Europea, las actividades relacionadas con se encuentran en un estado incipiente. No habiéndose alcanzado en el sector eléctrico de comunicaciones, donde se realizan reuniones de trabajo para compatibilizar normas normativas. Apenas se expandieron los sistemas generales en materia de normalización que pertenecen al TLC de América del Norte. De acuerdo con ellas: Cada país conserva el derecho de adoptar, aplicar y hacer cumplir sus propias normas. Los servicios normales no se certifican a modo de excepciones como, para poder participar con opiniones de los países en armonización de normas. El criterio hacer compatible esas normas con base en los criterios interregionales. Los servicios se reconocen con la letra A hasta la H, se aplican solos o en combinaciones para juzgar la conformidad. El acreditamiento de organismos de la Unión Europea distintivo de la Unión Europea. El acreditamiento de organismos de pruebas, calibración y de servicios de certificación. De los reconocimientos mutuos entre organismos de pruebas y certificación se encargan

condiciones y resultan de fácil aceptación. Por el contrario, las normas inconsistentes corren un enorme riesgo de ser inadecuadas y de malinterpretación difícil.

Para lograr el reconocimiento sobre el producto, los sistemas de acreditamiento, redes de pruebas, declaraciones de inspección y certificados de conformidad, es indispensable que exista una confianza mutua tanca tanto en los recursos técnicos disponibles cuanto en la competencia para utilizarlos. En los trabajos de acreditamiento y certificación, también puede aplicarse la sensación popular de que "Poseer la mejor herramienta no significa ser el mejor obrero".

Más allá de representar un buen argumento de venta, la certificación y el acreditamiento de la calidad brinda a las empresas la seguridad de que ofre-



*La certificación
y el acreditamiento
de la calidad brinda
a las empresas
la seguridad
de que ofrece
"lo mejor",
la certeza
de que funciona bien
y la oportunidad
de demostrarlo
públicamente.*

ce "lo mejor", la certeza de que funciona bien y la oportunidad de demostrarlo públicamente. Tales herramientas, desde luego, no sirven mucho si se carece de una estructura productiva y de servicios en que se pueda aplicar. Para que pueda desarrollarse la calidad, deben existir empresas y mercados sólidos. □

BREVE HISTORIA DE LA NORMATIVA ISO/9000

Los sistemas de aseguramiento de calidad tuvieron sus orígenes durante la Segunda Guerra Mundial y fue en la industria militar, aeroespacial y espacial donde tuvieron su principal desarrollo.

En Estados Unidos se crearon las normas MIL-Q-9858 y MIL-1-4508 y en los años cincuenta se utilizó el aseguramiento de calidad en proyectos nucleares y espaciales, aplicándose la norma ANSI Núm. Z39-52.

En los años setenta, Inglaterra creó las normas de aseguramiento de calidad para industrias manufactureras, denominadas serie BS-5750

No fue sino hasta 1980 cuando se constituye el Comité Técnico 176 de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), el cual, en 1987, se a conocer la normativa ISO serie 9000, con la intención de normalizar todo lo referente a los sistemas de aseguramiento de calidad.

Es importante mencionar que las normas británicas BS-5750 se tomaron como base para generar las normas ISO-9000 y que la versión actualizada de estas últimas se editó en 1994.

Mercedes Iniesta

¿QUE SON LAS NORMAS NMX-CC/ISO 9000?

La Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) es una organización internacional, no gubernamental, de carácter técnico, que tiene como objetivo elaborar normas internacionales con el propósito de mejorar la calidad, la productividad, la comunicación y el comercio.

ISO cuenta con un acervo de normas, dentro de las cuales se han destacado las relacionadas con la calidad, conocidas como serie ISO 9000.

La serie de normas ISO 9000 está integrada por un conjunto de normas de aseguramiento de calidad que tiene como objetivo definir lineamientos generales para administrar la calidad.

Con base en estas normas, es posible desarrollar e implantar un sistema de calidad en la empresa, de tal manera que se asegure y demuestre el cumplimiento continuo de los requisitos del cliente.

La serie de normas ISO 9000 está integrada por seis normas, las cuales han sido traducidas por el Comité Técnico Nacional de Normalización de Sistemas de Calidad Mexicano (COTENNSISCAL), el cual ha preparado y difundido una edición mexicana equivalente a la de ISO. Esta serie de normas mexicanas ha sido publicada por el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (IMNC), como Serie NMX-CC, con la cual queda validada por la Dirección General de Normas de SECOFI. Así mismo, la serie NMX-CC cuenta con la aprobación de ISO.

EQUIVALENCIAS ENTRE NMX-CC E ISO-9000

A continuación describimos brevemente la equivalencia entre las normas NMX-CC e ISO

9000, así como su contenido básico.

NMX-CC-1

Sistemas de calidad. Vocabulario. ISO 8402 Sistemas de calidad. Vocabulario. Presenta los términos y definiciones usados en la disciplina de la calidad, con el fin de facilitar la comunicación entre especialistas y el uso de las normas de la serie NMX-CC/ISO-9000.

NMX-CC-2

Sistemas de calidad. Guía para la selección y uso de normas de aseguramiento de calidad/ISO 9000 Sistemas de calidad. Guías para selección y uso. Esta norma tiene como objetivo establecer la relación entre los diversos conceptos de calidad, así como definir los criterios de uso de las normas NMX-CC-3/ISO 9001, NMX-CC-4/ISO 9002, NMX-CC-5/ISO 9003 y NMX-CC-6/ISO-9004.

NMX-CC-3

Modelo de aseguramiento de calidad para el diseño, proyecto, fabricación, instalación y servicio / ISO 9001 Modelo de aseguramiento de calidad en diseño, proyecto, fabricación, instalación y servicio. Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir contractualmente el sistema de calidad en una empresa que necesita demostrar su capacidad para diseñar, fabricar, instalar y dar servicio a un producto.

NMX-CC-4

Modelo para el aseguramiento de calidad aplicable a la fabricación e instalación / ISO 9002 Modelo de aseguramiento de calidad para la fabricación, instalación y servicio. Esta norma establece los requisitos que debe cumplir contractualmente el sistema de calidad de una empresa que necesita demostrar su capacidad para fabricar, instalar y dar servicio a un producto.

NMX-CC-5

Modelo para el aseguramiento de calidad para la inspección y pruebas finales / ISO 9003 Modelo de aseguramiento de calidad para la inspección y pruebas finales. Esta norma establece los requisitos que debe cumplir contractualmente el sistema de calidad de una empresa que necesita demostrar su capacidad para efectuar inspección y pruebas finales.

NMX-CC-6

Gestión de la calidad y elementos de un sistema de calidad. Directrices generales / ISO 9004 Administración de la calidad y elementos de un sistema de calidad. Esta norma establece los elementos que forman un sistema de calidad que cada empresa debe seleccionar para aplicar a su organización y demostrarlo como un sistema de calidad interno.

periodo, razón por la cual no se consideraba necesario modificar los sistemas de control hasta entonces utilizados.

La realidad del cambio no resultó tan traumática y, finalmente, el trabajo, no en hacer algo diferente, sino en documentarlo que a la fecha se ven haciendo bien; esto es, hacerlo en una forma más ordenada incluyendo el desarrollo de procedimientos de trabajo, la normalización de los métodos de ejecución de las actividades, la implantación de estructuras operativas de organización, planeación de funciones, establecimiento de niveles mínimos de calificación del personal, estrictos programas de calibración de equipos, etcétera.

PERO, EXACTAMENTE, ¿QUE ES EL ASEGURAMIENTO DE CALIDAD?

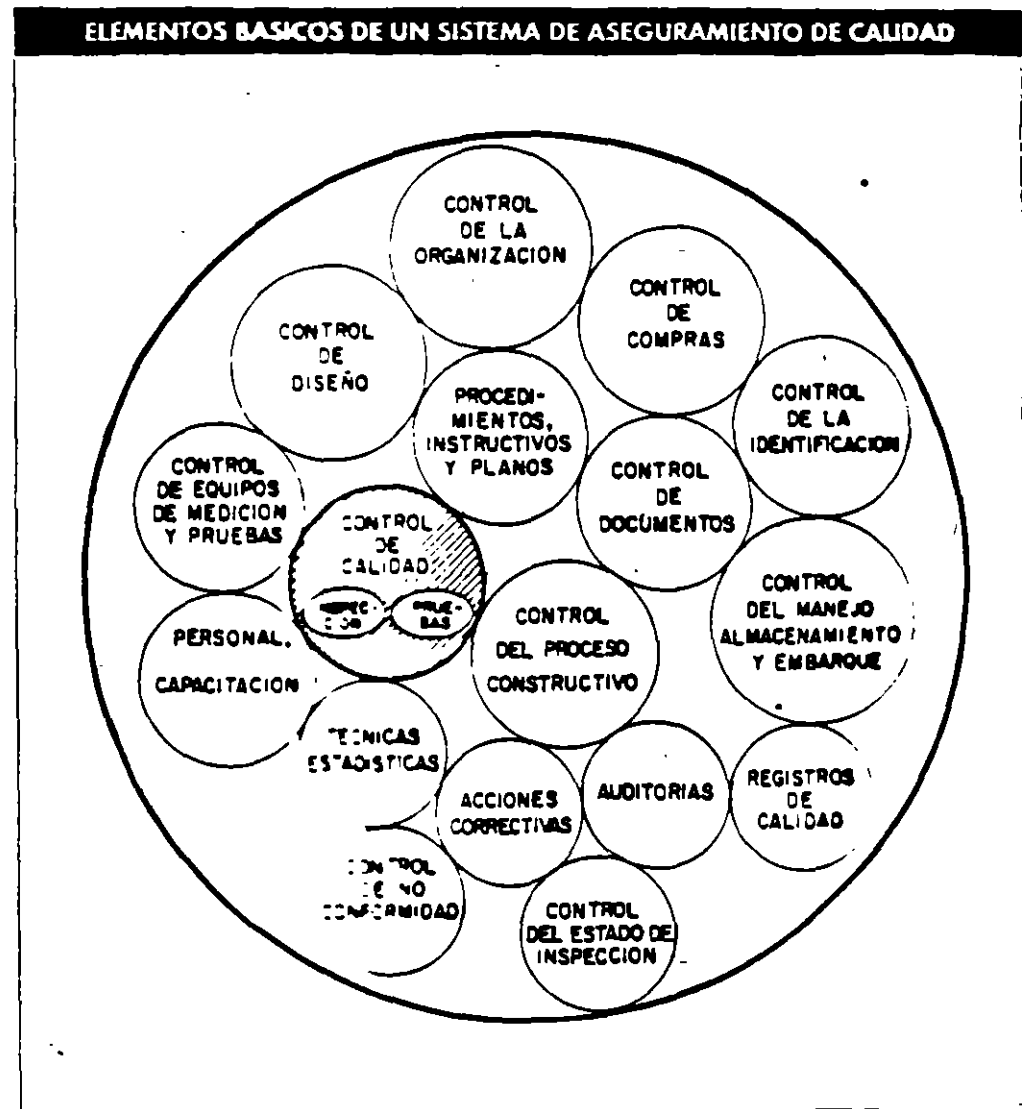
El aseguramiento de calidad tuvo sus inicios en la industria militar y aeroespacial de los Estados Unidos, en los años cincuenta y principio de los sesenta; prosiguió su madurez con la aplicación en la industria nuclear a partir de 1969, y culmina en 1987 con la emisión de la serie de normas 9000 de la Organización Internacional de Normalización (ISO), en la que se establecen los requisitos de aplicación de estos sistemas para la industria convencional.

Según las diferentes normas de calidad aplicables actualmente, se define el aseguramiento de calidad como: "el conjunto de acciones planeadas, sistematizadas y documentadas, necesarias para obtener una confianza razonable de que todos los materiales, componentes, equipos o sistemas se comportarán satisfactoriamente durante el tiempo que deben conservarse en servicio".

De acuerdo con la definición anterior, la aplicación de un sistema de aseguramiento de calidad implantado en for-

ma adecuada, incrementa la confiabilidad y seguridad de la instalación, reduce los costos

de construcción, así como los de operación y mantenimiento, y se logra finalmente un aument-



La aplicación de un sistema de aseguramiento de calidad implantado en forma adecuada, incrementa la confiabilidad y seguridad de la instalación, reduce los costos de construcción, así como los de operación y mantenimiento, y se logra finalmente un aumento de la disponibilidad de los equipos o sistemas.

to de la disponibilidad de los equipos o sistemas.

El conjunto de acciones que es necesario considerar para establecer un sistema de aseguramiento de calidad, se encuentra definido en las normas existentes en la materia, tales como las normas ISO Serie 9000, cuyos elementos básicos se indican en las figuras comparativas entre los sistemas (página 17).

EVOLUCION DE LA VERIFICACION DE LA CALIDAD EN LAS OBRAS CIVILES DE LA CFE (HASTA 1990)

Como se señaló al principio, antes de la construcción de la planta nuclear Laguna Verde, la verificación de la calidad de las obras civiles de CFE se llevaba a cabo mediante las tradicionales técnicas de control de

calidad, supervisión directa en obra, complementada con estudios de campo, laboratorio y gabinete, según lo requiera la complejidad de las obras en proceso. Además, en este periodo, toda la responsabilidad sobre la calidad la adquiría la CFE, la cual inclusive entregaba el cemento y el acero de refuerzo al contratista, y así mismo se encargaba de instalar y operar los laboratorios de control de campo.

Para llevar a cabo estas actividades, la CFE creó en 1960 los laboratorios de obras civiles (actualmente Gerencia de Ingeniería Experimental y Control, GIEC), que, además de las áreas de concreto (materiales) y mecánica de suelos, incluyó el primer laboratorio de mecánica de rocas en México (para el estudio y solución de los problemas ligados con las grandes excavaciones a cielo abierto o subterráneas que contemplaban los proyectos hidroeléctricos en proceso), así como un grupo innovador a nivel mundial para estudiar el comportamiento de las presas bajo diferentes solicitudes de carga estática o dinámica (sismos), mediante la instalación de instrumentos de medición en el interior de las mismas y su posterior lectura e interpretación de los resultados.

Al iniciarse la construcción de la planta nuclear Laguna Verde, Ingeniería Experimental inicia su contacto con el aseguramiento de la calidad aplicado a las centrales nucleares e implanta en su Laboratorio de Materiales un sistema de calidad que cumple con los requisitos establecidos por dicho proyecto para sus proveedores de servicios.

A finales de la década de los ochenta, la CFE propone el establecimiento de un sistema de aseguramiento de calidad en todas sus actividades, iniciando sus actividades de elaboración de los Manuales de Calidad con base en la normativa

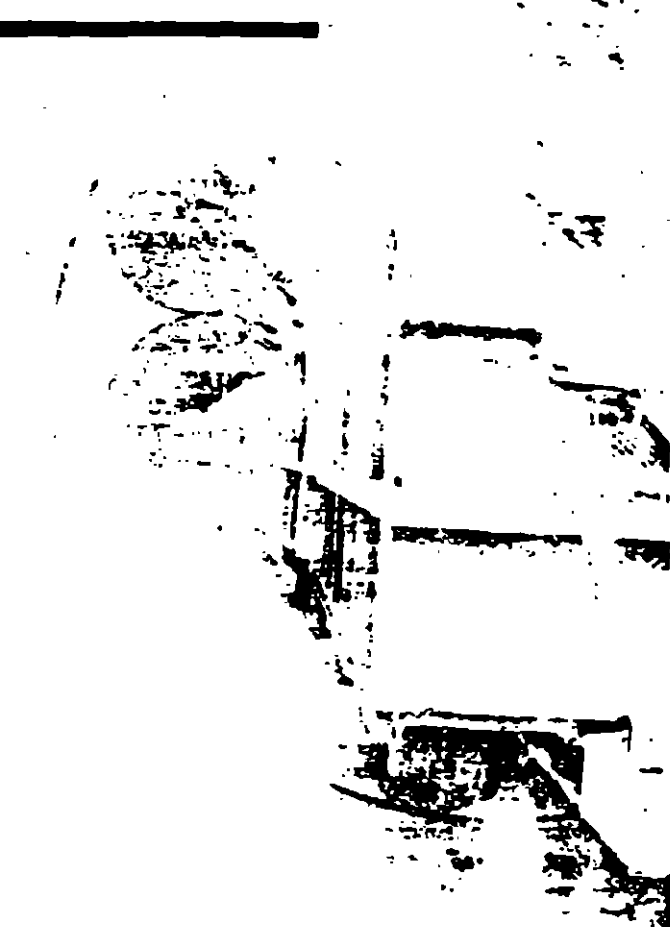
ISO 9000, así como su correspondiente difusión.

VERIFICACION DE LA CALIDAD EN LAS OBRAS CIVILES DE CFE A PARTIR DE 1990

A raíz de la aparición de la modalidad de contratación "llave en mano" para la construcción de los proyectos del sector eléctrico, en la cual los contratistas ganadores tienen la responsabilidad global de las obras (diseño, construcción y puesta en marcha) y su correspondiente garantía de la calidad, en las especificaciones CFE incluyó que las empresas interesadas debían disponer y aplicar en las distintas etapas de los proyectos, sistemas de aseguramiento de calidad acordes con las normativas vigentes (ISO 9000, Norma Oficial Mexicana), para lo cual las distintas entidades normativas en los aspectos de calidad, tanto en el área electromecánica (LAPEM), como en el área civil (GIEC) y el resto de las áreas de la CFE, desarrollaron y emitieron los documentos que se listan a continuación, para definir el establecimiento de dichos sistemas:

- L-000031: Requisitos de aseguramiento de calidad para proveedores de bienes y servicios de la CFE.
- L-000039: Concurso de proyectos "llave en mano"
- L-000040: Requisitos de aseguramiento de calidad para contratistas de proyectos "llave en mano".
- L-000042: Requisitos de aseguramiento de calidad para la CFE.

Cabe aclarar que, debido a que los documentos anteriormente aprobados posteriormente a la licitación de los proyectos concursados a construirse a partir de 1991, los requisitos de calidad variaron para cada proyecto. A continuación se muestran algunos ejemplos



de la evolución de los requerimientos de aseguramiento de calidad en algunos proyectos:

✓ En un principio (1991), los contratos no marcaban ningún requisito sobre aseguramiento de calidad. Tal fue el caso de la central termoeléctrica de Petacatca, Guerrero, en la cual, sin embargo, se logró la implantación del sistema por parte del constructor, y la obra se llevó a cabo con un mínimo de elementos rechazados.

✓ En los siguientes contratos, v. gr. el del proyecto hidroeléctrico Ampliación Temascal, Oaxaca, se requería establecer un sistema de calidad acorde con la especificación CFE L-000031 (versión antigua), cuyo alcance estaba enfocado a proveedores de bienes en fábricas y sólo para aspectos electromecánicos. No obstante lo anterior, el contratista estableció su sistema de acuerdo con la normativa ISO-9000.

✓ Finalmente, los contratos ya especificaron la obligación del contratista de aplicar un sistema de aseguramiento de calidad, como lo establece la especificación CFE L-000040. Ejemplo de ello fue la construcción de las centrales termoeléctricas de Carbon II, Coahuila, y Topolobampo, Sinaloa, en las cuales cabe destacar que, siendo ambas obras responsabilidad del mismo contratista, en un caso fue más sencillo el establecer y aplicar el sistema de calidad, lo cual hace imperativa la necesidad de que los directivos, a todos los niveles, reconozcan la bondad del sistema y promuevan su aplicación.

✓ Un caso interesante también lo constituyen las líneas de transmisión, como Mazatlán II-Durango Sur, o Lázaro Cárdenas-San Bernabé, en cuyos contratos se incluyó como requisito el establecimiento de un sistema de aseguramiento de calidad de acuerdo con CFE L-000040, lo cual, a la fecha, se está logrando razonablemente

Es importante señalar que, en estas obras que se extienden por cientos de kilómetros, cobra especial importancia la aplicación de este tipo de sistemas, ya que se logra normalizar la ejecución, supervisión e inspección de los procesos constructivos en cada frente de trabajo; esto es, prácticamente en cada torre de la línea.

VERIFICACION POR PARTE DE CFE DE LA APLICACION DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD DURANTE LA CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES

Con objeto de verificar la total, oportuna y efectiva aplicación de los sistemas de calidad, se realizan tres actividades básicas de supervisión:

✓ Revisión de los documentos que requiere el sistema (manual de calidad, procedimientos para la aplicación del mismo, procedimientos constructivos, etcétera). Debe entenderse que estos documentos deben ser específicos para la obra en cuestión y no importados de otras obras o actividades.

✓ Visitas de inspección durante los procesos constructivos relevantes de las obras y vigilancia del desarrollo de las actividades relacionadas con el control y el aseguramiento de la calidad.

✓ Aplicación de auditorías de calidad para verificar el nivel de implantación y de efectividad del sistema de calidad del contratista durante la construcción de las obras.

PROBLEMAS QUE SE HAN PRESENTADO DURANTE LA APLICACION DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD

Después de casi cinco años de intervención para verificar la calidad de los aspectos civiles de los proyectos "llave en mano" que ha contratado la CFE para la construcción de centrales hidroeléctricas termoeléctricas, subestaciones y li-

neas de transmisión, se puede señalar que los problemas generalmente detectados han sido los siguientes:

a) Previamente o al inicio de las obras, una búsqueda por parte del contratista de evadir uno o varios requisitos referentes al sistema de calidad.

b) Ligado al anterior, el contratista no establece oportunamente su sistema de aseguramiento de calidad, ni dispone del personal calificado para desarrollar las actividades correspondientes.

c) Usualmente, los distintos grupos que participan en las obras desconocen los aspectos relacionados con el sistema de aseguramiento de calidad. Este mismo desconocimiento hace que, dentro de la organización de la obra, se haga depender a los grupos de control y aseguramiento de calidad, del área de producción (construcción), circunstancia que les impide actuar con libertad y, frecuentemente, no son atendidas sus observaciones, ya que el constructor considera que van en contra de los avances de la obra.

d) En caso de tener subcontratistas, el contratista no siempre les exige la aplicación de sus propios sistemas de calidad.

En general, los puntos mencionados denotan una falta de entendimiento al pensar que la aplicación de un sistema de aseguramiento de calidad es costoso y representa un obstáculo para la obra y no un apoyo a la misma.

No obstante lo anterior, creemos que se ha avanzado considerablemente en la aceptación y reconocimiento de las ventajas que representan estos sistemas de aseguramiento de calidad, pues en casi todas las obras, conforme avanzó la construcción, los problemas se fueron resolviendo y los contratistas terminaron aplicando en forma efectiva sus correspondientes sistemas de aseguramiento de calidad. □



Control de documentos.

NORMAS EN EMPRESA CONSTRUCTORA

HECTOR J. RAB- TAPIA

En el proceso constructivo de cualquier proyecto, la calidad final depende de la calidad obtenida en cada fase y éstas se influyen entre sí; por lo tanto, cualquier análisis de la calidad final del servicio o del producto deberá considerar que no se trata de un proceso lineal, sino de un proceso complejo en el que las decisiones adoptadas en cada fase repercutirán en otras.

Las normas internacionales ISO 9000 son de carácter general y aplicables a todo tipo de industrias o empresas, pero requieren ser interpretadas o adaptadas para cada sector productivo o de servicios. Para el caso de la industria de la construcción, se deben analizar sus requisitos para identificarlos, interpretar los y aplicarlos en este sector.

De igual forma, la normativa ISO 9000 es aplicable a otras empresas de servicios en contacto con la construcción, como empresas de consultoría (dirección y coordinación, planeación y control de obra, supervisión técnica, proyectos y estudios estructurales, etcétera), operación y mantenimiento, e incluso a empresas inmobiliarias y al cliente final, el usuario, que es el último receptor del producto o servicio.

NORMAS PARA CONSULTA
La norma ISO 9000 define los principios de la gestión y del

aseguramiento de calidad; textualmente se define como: "Líneas directrices para la selección y la utilización de las normas de calidad", y establece los criterios de uso del resto de las normas serie 9000 para las empresas industriales y de servicio.

De aquí se derivan las normas de aseguramiento de calidad (que son de carácter contractual y para la certificación oficial de las empresas).

La norma ISO 9001, "Sistemas de la calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en el diseño/desarrollo, la producción, la instalación y el servicio post-venta", es aplicable en empresas cuya actividad es el diseño, desarrollo de proyectos (estructural, arquitectónico, de instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias, electromecánicas, aire acondicionado, etcétera), fabricación e instalación de estructuras, venta e instalación de equipo eléctrico y de control, equipo mecánico, etcétera.

La norma ISO 9002, "Sistemas de la calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción y la instalación", se aplica comúnmente a la empresa constructora, pues aplica a partir de un proyecto ya definido y de unas especificaciones predeterminadas.

La norma ISO 9003, "Sistemas de la calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en la inspección y los ensayos finales", es de aplicación en la empresa que se dedica a la ingeniería especializada, como por ejemplo, el estudio de mecánica de suelos, el control de calidad en obra y de materiales, elementos prefabricados, etcétera, en la calibración y prueba de instrumentos y equipos de inspección, medición y ensayos.

Y, finalmente, las normas ISO 9004 "Gestión de la calidad y elementos de un sistema de la calidad" y 9004 (parte 2), "Reglas generales y guía para los servicios", se han de

sarrollado para su aplicación como una guía que presenta las reglas generales, las sugerencias y recomendaciones para implementar un sistema de calidad interno; no son de carácter contractual, pero son fundamentales para lograr la certificación de la empresa. Estas normas establecen las reglas, responsabilidades, relaciones y límites de las funciones de todos los participantes en cualquier modelo de empresa constructora, grande, mediana o pequeña y también son de utilidad para el constructor independiente. Establecen en varios de sus puntos la necesaria participación de todo el personal de la organización, el cliente, el proyectista, los subcontratistas, etcétera, que intervienen en la construcción de una obra.

CONTROL DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO Y DE LA PRESTACION DEL SERVICIO

En el proceso constructivo de cualquier proyecto, la calidad final depende de la calidad obtenida en cada fase y éstas se influyen entre sí; por lo tanto, cualquier análisis de la calidad final del servicio o del producto deberá considerar que no se trata de un proceso lineal, sino de un proceso complejo en el que las decisiones adoptadas en cada fase repercutirán en otras. Por ejemplo, la resistencia mecánica y estabilidad de una obra dependen, por una parte, del cálculo y diseño estructurales; por otra, de la calidad de los materiales empleados, y por otra, de la colocación de los mismos y de la ejecución en general, así como del uso y conservación que se da a la misma.

A diferencia de otras industrias, en la de la construcción, muchas veces participan directa o indirectamente diversos agentes con funciones diferentes, dando como resultado múl-

tiples interfaces en el proceso constructivo y por tanto un número considerable de zonas vulnerables que pueden incidir en una calidad final deficiente.

OBJETIVOS DE LA CALIDAD

Para hablar de calidad en un proyecto de construcción, se deben identificar los requerimientos y necesidades que tiene cada uno de los participantes, éstos pueden traducirse en los objetivos de calidad.

✓ *Objetivos de calidad del cliente.* Un proyecto de funcionalidad y buena apariencia, finalizarlo en el tiempo establecido y dentro del presupuesto acordado, rentable, al que se le pueda dar un uso óptimo, con un mantenimiento económico, que sea ambientalmente agradable y que cumpla con los requerimientos técnicos y normativos en materia de seguridad e higiene, entre otros.

✓ *Objetivos de calidad del proyectista.* Tener la información bien definida sobre los características y requisitos que debe cumplir el proyecto, con un plazo de ejecución suficiente para poder contar oportunamente con los cambios de proyecto que sean requeridos por el cliente, obtener beneficios justos y sobre todo lograr el reconocimiento del cliente con la posible consideración para la realización de trabajos en la posterior.

✓ *Objetivos de calidad del constructor.* Contar con la información completa del proyecto a construir (planos, especificaciones, documentos contractuales, etcétera), disponer del tiempo de ejecución suficiente para programar adecuadamente las actividades de la obra, intervenir oportunamente de los cambios que pueda efectuar el proyectista, obtener beneficios justos y el reconocimiento del cliente y del proyectista con la posible consideración para trabajos en el futuro.

También es conveniente mencionar algunos objetivos de calidad que se deben considerar a fin de adaptarse lo más posible a las normas ISO 9000; estos son los de organismos públicos de control y regulación en materia de seguridad e higiene, medio ambiente, licencias y permisos; los de colegios de profesionales que deben regular el ejercicio de las funciones del profesional correspondiente (ingenieros, arquitectos, responsables de obra, etcétera).

Los objetivos de calidad en un proyecto también deben considerar los siguientes niveles:

✓ *En lo comercial.* Debe establecerse un plan que asegure la relación con el cliente, pero también con el usuario, conociendo sus necesidades. Desde luego, el conjunto de estas necesidades no podrá ser satisfecho si son incompatibles en lo técnico o en lo financiero.

✓ *En el estudio de proyecto.* Un plan debe concebirse dejando libre curso a la imaginación, a la creatividad y a la innovación, para responder a las necesidades percibidas. No obstante, se debe ser realista y tomar en cuenta las posibilidades técnicas de ejecución y requerimientos que se deben cumplir en lo ambiental, en lo social y en lo jurídico.

El personal involucrado en esta etapa de estudio será de crucial importancia, pues tendrá la responsabilidad de evitar posibles y costosas errores y modificaciones durante la ejecución. También deberá contarse con la selección definitiva de todos los materiales, así como de los documentos técnicos listos para la construcción.

✓ *En los suministros y subcontratos.* Se debe establecer un plan a partir de las exigencias presuntas desde la concepción del proyecto, para seleccionar a los proveedores de materiales y equipo, y subcontratistas que participarán

Su elección no debe basarse, en ningún caso, en el precio más bajo, sino en sus cualidades y capacidad de proveer los materiales o realizar el trabajo previsto en el tiempo especificado. Sin embargo, debe también contarse con alternativas fiables y económicas previstas, a fin de asegurar los suministros o trabajos en caso de que uno o algunos de los miembros no puedan cumplir con los compromisos adquiridos.

✓ *En la producción.* Se debe concebir un plan a partir de piezas descriptivas y documentos gráficos, previstos para realizar la obra dentro de las mejores condiciones financieras. La planeación de actividades y de elementos que intervienen debe ser continua. Cualquier retraso debe ser analizado y debe repercutir a fin de que los participantes afectados reaccionen a tiempo y de modo eficaz.

Los puntos de control obligatorios deben ser programados con el fin de asegurar que no se dará valor añadido a un trabajo defectuoso.

✓ *Para el control de la ejecución de los trabajos,* es conveniente que participe el mayor número de personas de acuerdo con su especialidad.

✓ *En el personal,* se debe estructurar un plan para el reclutamiento y formación. Ellos dirigirán a los obreros que, de acuerdo con la localización de la obra, contarán con niveles de instrucción, formación, calificación, aptitud y costumbres diferentes que deberán ser tomadas en consideración.

✓ *En lo financiero,* se debe establecer un plan que asegure que los gastos reales no excederán los gastos previstos en el presupuesto. Estas diferencias deben ser meticulosamente observadas etapa por etapa, a fin de identificar las causas. Esto permite la búsqueda de soluciones más económicas para próximos proyectos y realizar la construcción de una obra a un costo más real.

AUTORIDAD Y RESPONSABILIDAD EN MATERIA DE CALIDAD

La norma hace referencia principalmente al establecimiento de una estructura organizacional dentro de la empresa que respalde al sistema de calidad, que asegure la comunicación e interacción interna y externa de la compañía y la designación de un representante en materia de calidad que realice estas tareas.

La eficacia de un sistema de calidad supone que cada persona de la empresa conoce sus funciones y los límites de su responsabilidad. Por ello, la organización debe definir funciones y responsabilidades, las interfaces organizacionales, la contratación y la formación de su personal.

Las líneas de comunicación deben establecerse para todo lo que concierne a la dirección, gestión y ejecución en materia de calidad. En la formación de esta estructura se debe tomar en cuenta que la calidad requiere de la participación de todos.

Cuando en un proyecto participan varias empresas, la complejidad en las líneas de autoridad y comunicación se incrementa y el dominio o la habilidad en el manejo de la calidad no podrá ser conservado a menos que exista una definición precisa de las responsabilidades y funciones en las interfaces organizacionales para la calidad.

Para que estas interfaces puedan realizarse, es conveniente que desde el proyecto se disponga de un sistema de calidad, integrando sus actividades con las del constructor y con las de todos los participantes del proyecto a través de una oficina de control externo.

La figura 1 representa un organigrama que intenta localizar la actuación de la gestión de la calidad en el sistema organizativo de todos los participantes en un proyecto de construcción. Para la pequeña em-

presa se puede recomendar designar como responsable del sistema de calidad, a una persona independiente a las áreas de producción que pueda asumir esta responsabilidad a tiempo parcial.

En las grandes empresas constructoras, se puede contar con un responsable de coordinar los esfuerzos y promover la implementación del sistema de la calidad, pero, al igual que en la pequeña empresa, deberá estar alejado de las responsabilidades de producción y tener la autoridad suficiente para intervenir en cualquier nivel y en cualquier frente de obra a fin de asegurar que está siendo ejecutada siguiendo las prescripciones previamente definidas y de acuerdo con las reglamentos establecidos.

Un organigrama parcial de una gran empresa constructora puede ser el que se muestra en la figura 2.

MOTIVACION DEL PERSONAL

Es importante conocer mecanismos y técnicas encaminadas a revitalizar al personal y dar así nueva y continua fuerza a la empresa para obtener mejores resultados.²

La mejora de las condiciones de trabajo, de salarios o las labores no rutinarias, no bastan como factores de motivación para el empleado; además, es conveniente motivar por medio del trabajo que represente un reto para el empleado y en el que comprometa su responsabilidad.

Los directivos de las empresas constructoras deben promover sistemas modernos de dirección dirigidos a desarrollar la calidad de vida en el trabajo, mejorar el reclutamiento e incorporación del personal y llevar a cabo políticas de remuneración e incentivos.

ADIESTRAMIENTO Y DESARROLLO

Lo primero que deberá hacerse

La eficacia de un sistema de calidad supone que cada persona de la empresa conoce sus funciones y los límites de su responsabilidad. Por ello, la organización debe definir funciones y responsabilidades, las interfaces organizacionales, la contratación y la formación de su personal.

aplican las fases más significativas que intervienen en un proyecto de obra, se representará como se ve en la figura 1.

DOCUMENTACION Y REGISTROS DE LA CALIDAD

Manual de la calidad

El sistema de calidad de la empresa es soportado documentalmente por el manual de la calidad, que es el documento guía para la implantación, seguimiento y mejora del sistema de la calidad.

El manual de la calidad es el documento descriptivo del sistema de la calidad objeto de la norma ISO 9004 (reglas generales), establecido por la empresa esencialmente para su uso interno y describe el conjunto de disposiciones de la organización relativas a

- ✓ Las estructuras de la empresa y los objetivos de su servicio (misión de la empresa), operacionales y funcionales, y a su vez, los procedimientos generales que rigen la obtención de la calidad.
- ✓ Las relaciones internas y externas de la empresa.
- ✓ Los medios y recursos para la obtención de la calidad.

algunos casos deberán contar con la certificación oficial de su especialidad. Aquí, la formación deberá ser más de carácter práctico que teórico.

COMUNICACION

La comunicación es el intercambio ordenado y sistemático de información, dentro y fuera de la empresa, y es necesario que fluya hacia la persona precisa con el tiempo y frecuencia oportunos. Para lograrlo son necesarios procedimientos efectivos, organización, control, personal, etc. El compromiso del personal en facilitar una buena comunicación, resultando así una efectiva coordinación que puede prevenir posibles interferencias entre las partes involucradas, ya sea en un proyecto de construcción o en alguna actividad interna de la empresa.

El constructor debe promover en todo momento la disponibilidad de personal clave y coordinación de personal, comunicación y divulgación de información en todos los niveles de la empresa y también fuera de ella.

CÍRCULO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO

Si el círculo de la calidad se le

responsable en la implementación del sistema de calidad de la empresa es sensibilizar a los cuadros directivos en el proceso hacia la calidad, señalando como un elemento de costo de calidad la formación del personal, así como los auditores de calidad. Las características de la industria de la construcción, donde cada producto es distinto, con un gran número de variables que intervienen en el proceso constructivo, algunas controlables, pero otras desconocibles, con la participación de varias subcontratistas, con personal generalmente nuevo en la empresa, de diferentes zonas geográficas, de diversos hábitos y costumbres, etcétera, dan como resultado serias dificultades para el desarrollo de proyectos e importantes tomas de decisión.

Para el personal operario y de mandos intermedios, la norma indica que la formación debe ser completa en el manejo de instrumentos y maquinaria que utilizan, en la lectura y entendimiento de la documentación que se les facilita, y la comprensión de la relación de la calidad con su trabajo y las normas de seguridad establecidas. En

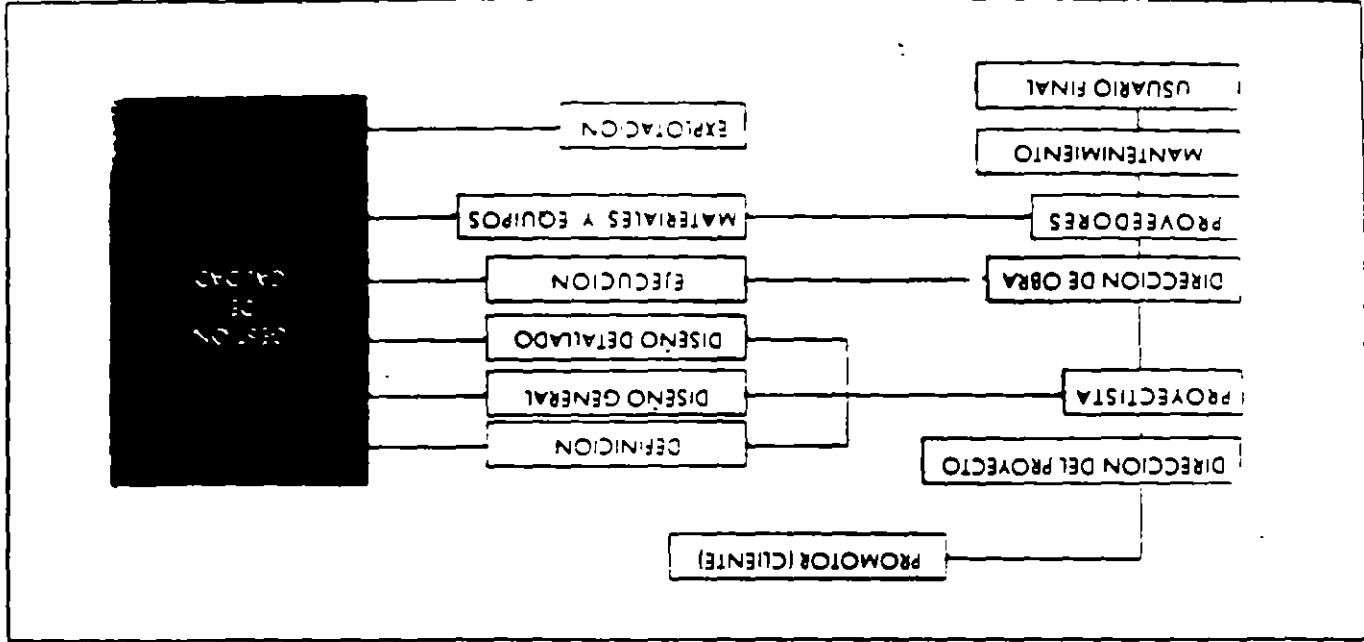


Figura 1.

- ✓ La formación, la calificación y la motivación del personal.
- ✓ Las disposiciones generales que contribuyen a la calidad y que son aplicables a todas las actividades de la empresa.
- ✓ Facilitar una descripción adecuada del sistema de gestión de la calidad que sirve como referencia permanente en la aplicación del mismo.

Plan de la calidad

El plan de la calidad es el documento que recoge las formas de operar, los recursos y la secuencia de actividades ligadas a la calidad que se refieren a un determinado producto, servicio, contrato o proyecto.

Un plan de calidad puede contener lo siguiente:

- ✓ Los requisitos de calidad aplicables en cada obra de construcción, incluyendo especificaciones técnicas del proyecto.

- ✓ Organización de la obra en cuestión de autoridad y responsabilidad.
- ✓ Los métodos y técnicas de trabajo que se deben aplicar en la obra.
- ✓ El control de todos los procesos constructivos.
- ✓ Los programas, inspecciones y ensayos en cada una de las fases de ejecución, describiendo los criterios de aceptabilidad y frecuencia.
- ✓ La metodología para los cambios y modificaciones al propio plan de calidad, según lo requiera el proyecto.

El plan de la calidad puede estructurarse en función de las características de cada una de las obras y no sólo debe proporcionar instrucciones precisas para la implantación del sistema de la calidad, sino que también debe incluir los registros de la calidad que dejen constancia documental del cumplimiento de los requisitos de dicho sistema.

tancia documental del cumplimiento de los requisitos de dicho sistema.

Procedimientos

Un procedimiento es un documento interno, propio de cada empresa constructora y por lo tanto de carácter privado, que describe de manera documentada (escrita y formalizada) todas las actividades operativas, de gestión y técnicas de la empresa, incluyendo aquellas que puedan incidir en cualquier aspecto que afecte a la calidad, desde los suministros hasta la entrega de la obra.

Al conjunto de estos procedimientos se le denomina manual de procedimientos y se divide en manual de procedimientos operativos y manual de procedimientos técnicos.

Registros de la calidad

El sistema de gestión de la cali- ▷

dad debe establecer y exigir el mantenimiento de medios que permitan registrar, coleccionar, almacenar, clasificar, archivar, recuperar e imprimir, para eliminar todos los registros y documentación relacionados con la calidad.

Los registros de calidad miden el rendimiento del sistema de calidad y permiten aplicar mejoras en el mismo, pues contienen la evidencia documental clara, precisa y rápidamente identificable, de que la obra cumple con los requerimientos del cliente.

AUDITORIAS INTERNAS DE LA CALIDAD

La auditoria de calidad es un examen metódico e independiente, realizado con el fin de determinar si las actividades y resultados relativos a la calidad satisfacen las disposiciones preestablecidas y si estas disposiciones son puestas en marcha de manera eficaz y aptas para alcanzar los objetivos.

La auditoria de la calidad se apoya en los métodos, fundamentados en la observación, el análisis, los ensayos y el exa-

men de objetivos previamente determinados para la aplicación rigurosa por el auditor tener una idea clara del funcionamiento del sistema.

Debe considerarse siempre que la auditoria es una actividad constructiva y no destructiva.

COMUNICACION CON LOS CLIENTES

Para lograr la calidad en la construcción de una obra, se requiere un gran esfuerzo de comunicación durante todo el proceso, desde la concepción del proyecto hasta la entrega de la obra, para ello es vital mantener informados de los elementos claves de trabajo a todas las partes que participan, como el cliente, el proyectista, el constructor, los subcontratistas y los proveedores de equipo y material.

Algunos estudios realizados indican que el 25% de los problemas y fallas en las obras recién construidas, son debidos a la mala comunicación o a la falta de coordinación entre los participantes del proyecto.

Estudios de empresas aseguradoras indican que sus clientes

recurren a la acción legal, no por deficiencias en el proyecto o construcción, sino por los inesperados sucesos y sorpresas que se presentan en el proyecto, por la creciente decepción ante los problemas no atendidos, por la falta de interés o de relaciones personales positivas y por la falta de información respecto a los problemas.

Es importante señalar que tanto el cliente, como el constructor y el proyectista, así como los subcontratistas, proveedores, tienen diferentes precedentes, calificación, experiencias y expectativas, así como también diferentes definiciones de lo que es un proyecto exitoso y de la concepción o grado de la calidad, diferencias en las formas de trabajo, de tacto con los demás, etcetera, y en la forma o en los métodos de tratar desacuerdos o de pactar con la gente; por ello es importante que los responsables de calidad sean capaces de entender y compensar estas diferencias.

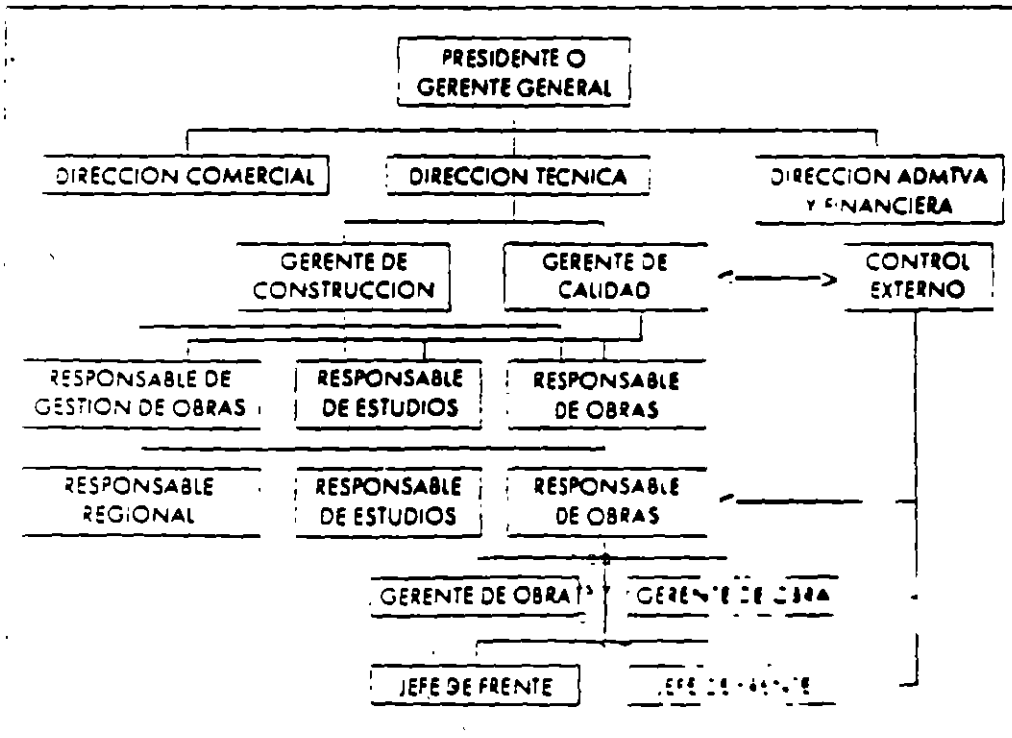
ELEMENTOS OPERATIVOS DEL SISTEMA DE LA CALIDAD

Proceso de comercialización

Se deben identificar a fondo todas las necesidades y expectativas del cliente, programando su realización adecuadamente, escuchar sus intenciones con el fin de optimizar sus exigencias para resolverlas en el plazo adecuado y al menor costo posible. El responsable de esta actividad debe comunicarlo de forma clara y exacta a la empresa.

El sistema de la calidad de la empresa constructora debe ser capaz de prever la posibilidad o factibilidad de la realización de un proyecto de acuerdo con normativas ambientales de seguridad, salud, legales, etcetera, pero también debe determinar si la capacidad técnica o económica de recursos y experiencia le permiten llevar a cabo el pro-

Figura 2.



yecto o la obra que quiere el cliente.

La empresa debe conocer su posición dentro del mercado de la industria de la construcción a través del intercambio de información con otras empresas de su competencia, o bien con el grado de percepción de la calidad del servicio entre sus clientes. Los resultados de esta investigación permiten a la empresa aproximarse a su realidad, profundizar en su mercado competitivo y el intercambio de experiencias y nuevas técnicas (por ejemplo, revisión de pares).

Gestión del servicio

El sistema de calidad de una empresa debe entenderse como un sistema dinámico que requiere de una actualización continua y adaptable a las condiciones que puedan influir sobre la calidad; por ello las normas de gestión de la calidad hacen énfasis en el compromiso de la dirección por la asignación de responsables para lograr la calidad.

En cuanto a las responsabilidades legales que cita la norma, en la industria de la construcción se producen frecuentemente situaciones en las que la responsabilidad civil puede ser un tema de mucha importancia, por lo que en el sistema de la calidad de la empresa se deben contemplar disposiciones que conduzcan a minimizar estas situaciones, previniendo anticipadamente los efectos que los fallos en la calidad pueden provocar.

Responsabilidades en el diseño

En este apartado de la norma se menciona el costo de la no calidad, indicando que es más fácil y económico prevenir que corregir; por lo tanto, el cliente y la empresa deben asegurarse conjuntamente de la optimización y calidad en la concepción, realización, descripción de necesidades, especificacio-

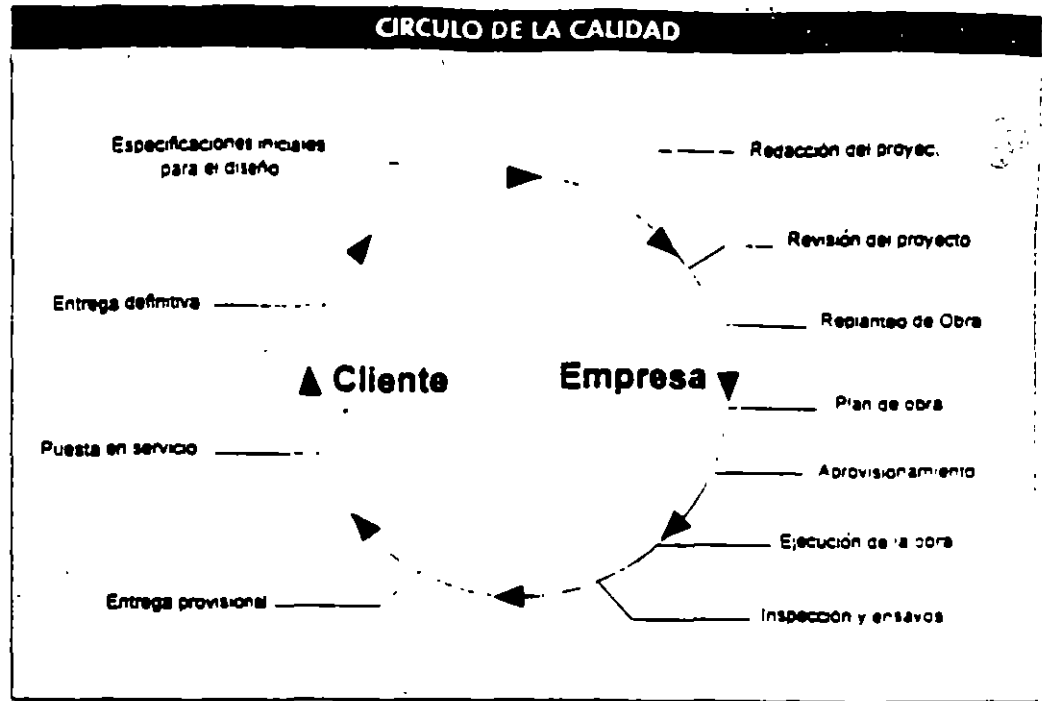


Figura 3.

nes, redacción del contrato, métodos y técnicas, materiales etcétera, previos a la ejecución de los trabajos.

Las responsabilidades asignadas por la dirección de la empresa, a las que se refiere este apartado, deben remarcar un esfuerzo de coordinación y comunicación entre empresa constructora-cliente o representantes-proyectistas-subcontratistas y, en general, todos aquellos involucrados directa o indirectamente en el proyecto.

Especificación del servicio

El cliente puede evaluar las características del servicio y estas pueden variar de acuerdo con el tipo de obra, con las diferentes situaciones específicas del sistema de calidad de la empresa, que permitan definir y considerar adecuadamente los factores que puedan influir en el nivel de calidad deseado y de forma rentable.

Estas características pueden ser, entre otras, el programa de obra, los procedimientos para la selección de subcontratistas, los métodos y técnicas de construcción, de inspección y ensayo; el seguimiento de las no-

conformidades, que estén contenidos en el manual de la calidad y en el manual de procedimientos de la empresa.

Especificación de la prestación del servicio

La complejidad que se puede presentar en la realización de un proyecto es muy diversa; depende no sólo del tipo de obra, sino de factores de ubicación, características geológicas y geotécnicas, sismicidad y clima, independientemente de las difíciles cuestiones administrativas, legales, de control, de inspección y ensayo.

Por ello, la tecnología, experiencia y capacidad de la empresa debe estar respaldada por todos los procedimientos necesarios y suficientemente probados, además de tener la aptitud para desarrollar nuevas y mejores métodos y tecnologías, y la actualización permanente de los procedimientos y procesos.

Calidad en las compras

La atención de la calidad en los suministros puede evitar retrasos en programas de obra, repetición >

nes en los trabajos ya ejecutados, retoques y conflictos por malos entendidos que pueden llegar a representar hasta un 40% del costo de la obra. De aquí el interés que debe tener la empresa constructora en la selección y atención de proveedores y subcontratistas.

Contar con los procedimientos y programas para la selección de estos participantes, permite a la empresa elegirlos según las particularidades y características del proyecto a construir, tomando en cuenta la importancia en la repercusión económica, en la seguridad y en las condiciones de funcionamiento de la obra en caso de presentarse una deficiencia en el suministro.

En algunos proyectos se exige contractualmente que los proveedores y subcontratistas cuenten también con sistemas de calidad o de aseguramiento de calidad, pero actualmente no todos están preparados para ello, por lo que la empresa constructora deberá integrarlos a su sistema de calidad, haciéndolos coparticipes a fin de motivarlos y hacer que sus productos y servicios se suministren óptimamente.

Identificación y trazabilidad del servicio

La empresa constructora debe contar con procedimientos que permitan identificar sus productos o servicios durante todas las etapas del proceso, desde la recepción o fabricación de materiales, su transporte y colocación, puesta en operación o uso, con la finalidad de detectar posibles fallos, defectos o cualquier otra anomalía del producto o servicio que repercute en la calidad de la obra; también debe prevenir la utilización de materiales no conformes.

Los procedimientos para el control de los materiales y productos son una valiosa herramienta de apoyo que permite definir las medidas de control necesarias para impedir su utilización inapropiada, deterioro

y, en un momento determinado, permiten identificar cuándo y en qué lugar de la obra se ha colocado algún elemento conforme o no conforme.

Especificación del control de la calidad

En el campo de la calidad, se define al "control de la calidad" como al conjunto de técnicas y actividades de inspección, ensayo, comprobación, seguimiento, medida, de las características del producto o del servicio, contenidos en procedimientos operativos y técnicas utilizados para satisfacer y demostrar que se ha cumplido con los requerimientos y exigencias de la calidad planteadas por el cliente.

El control de la calidad debe detallar todas las operaciones que deben realizarse a través de la ejecución de una obra, desde el control de la concepción y diseño del proyecto, hasta la construcción y entrega, para responder a las exigencias de calidad estipuladas entre el cliente y la empresa.

Revisión de diseño

Para verificar el buen funcionamiento del diseño de la prestación del servicio, es conveniente emprender un examen crítico del proyecto en todas sus fases de desarrollo. Esto permite detectar posibles desviaciones u omisiones al programa de obra inicial, así como aplicar algunas modificaciones de última hora.

En las fases del proyecto, consideradas como críticas, se deben establecer los puntos de verificación y se deben planificar las revisiones para que logren ser más eficaces y se conviertan en una medida de prevención que evite comprometer la calidad aplicando soluciones inadecuadas.

Los resultados de la revisión deben ser formalizados por medio de documentos que contengan todas las deficiencias encontradas, las soluciones

aplicadas y los resultados obtenidos.

Validación de las especificaciones del servicio, prestación del servicio y control de la calidad

Todas las modificaciones o propuestas de mejora, resultado de la revisión de diseño, deben entrar en la siguiente etapa, que es la validación y que complementa a dicha revisión.

En muchos proyectos de construcción se realizan cálculos alternativos a elementos que se consideran críticos, con el fin de comprobar si los cálculos originales son correctos. En proyectos de gran envergadura y complejidad, se efectúan ensayos de modelos o prototipos (generalmente encargados a algún laboratorio especializado) que comprueban la efectividad del diseño.

Algunos de estos cálculos, ensayos y análisis se realizan a través de equipos de cómputo, por lo que el programador o equipo de cómputo empleados deben someterse a verificaciones y actualizaciones periódicas.

La validación debe ser un proceso periódico y continuo para asegurar que el diseño y la prestación del servicio se acogen y satisfacen los requisitos especificados y las necesidades del cliente, las especificaciones técnicas, y si se están aplicando nuevas tecnologías o métodos de revisión y producción, así como el análisis de experiencias obtenidas en el proceso de construcción para adaptar o modificar las condiciones iniciales del proyecto.

Los resultados de la validación deben estar documentados con especificaciones y planos que la respalden, incluyendo la descripción de lo revisado y modificado. Debe tener la aprobación de los técnicos facultados para la validación, y ello está sujeto a autorización y confirmación de que el diseño puede utilizarse.

Para verificar el buen funcionamiento del diseño de la prestación del servicio, es conveniente emprender un examen crítico del proyecto en todas sus fases de desarrollo. Esto permite detectar posibles desviaciones u omisiones al programa de obra inicial, así como aplicar algunas modificaciones de última hora.

Evaluación de la calidad del servicio por parte del suministrador

Aquí se enfatiza la importancia del control de la calidad como una actividad paralela en todas las etapas de la prestación del servicio, necesaria e indispensable para que los responsables de la empresa, que tratan directamente con el cliente, evalúen auténticamente la calidad del servicio.

Se menciona el autocontrol que debe tener el personal, basado en su formación en la calidad, en sus conocimientos técnicos, en la libertad de acción y en su sentido de la responsabilidad.

El autocontrol se fundamenta en que el personal de la empresa "conozca lo que hace, analice lo que está haciendo y establezca acciones encaminadas a mejorar lo que hace".

Evaluación de la calidad del servicio por parte del cliente

Una forma intuitiva de conocer las diferencias entre niveles de satisfacción y necesidades del cliente, es estableciendo la interacción que existe entre las necesidades del cliente y las especificaciones de diseño, y la realización del servicio. Quizás esto dé una idea de criterios de percepción y evaluación de la calidad en la prestación del servicio.

Identificación de no conformidades y acciones correctivas

Se mencionan dos etapas de la acción correctiva; primero, una acción positiva, que puede ser la inutilización inmediata del producto, elemento o servicio, antes de tomar una decisión sobre el mismo, y la corrección rápida y efectiva de la no conformidad detectada, que evite interferir en el desarrollo de los trabajos; segundo, tomar las medidas apropiadas para evitar su repetición identificando el origen de la falla.

Esta última etapa de la acción correctiva es de carácter preventivo, pues identifica el problema desde su raíz.

Control del sistema de medida

En este punto se establece la necesidad que tiene la empresa de contar con procedimientos escritos que especifiquen, con todo detalle, cómo se realiza el control de los equipos de inspección, medición y ensayos, los requisitos para su calibración y mantenimiento, así como los criterios para la designación del personal responsable y capacitado para realizar esta actividad.

También se debe mantener una constante revisión y actualización en los métodos, técnicas, información de soporte lógico, las especificaciones (límites, tolerancias de materiales, por ejemplo), técnicas empleadas y el uso de normas y reglamentos (ASTM, ANSI, ACI, u otras) en vigor.

Métodos estadísticos

En las empresas constructoras, los métodos estadísticos se aplican principalmente para las técnicas del control de calidad, tanto de materiales (desde su recepción) como de elementos de obra terminada y para la selección de técnicas de recogida de datos (muestreo) en elementos como concretos, aceros o suelos, a fin de que sean lo más representativos posible. En las áreas de producción se aplican en todas las técnicas de control y capacidad de procesos.

MEJORA DE LA CALIDAD DEL SERVICIO

Para la realización de proyectos de mejora de la calidad se recomiendan 10 pasos a seguir, de acuerdo con las características y objetivos de cada empresa; éstos son los siguientes: la norma de gestión y orientación del personal, formación del comité de mejora de la calidad, medida de la

calidad, la formación del personal, determinación de las causas de error, establecimiento de objetivos, la acción correctiva, los costos de la calidad y el reconocimiento de resultados.⁵

Estas diez etapas forman un ciclo dinámico que debe ir evolucionando y buscando su expansión en la empresa, adaptándose a su crecimiento y ritmo de acción; el éxito del programa dependerá del enfoque inicial y del nivel de gestión de la calidad alcanzado en la empresa constructora.

CONCLUSIONES

La aplicación de la calidad en la empresa deberá romper la resistencia al cambio que algunos empresarios tienen, esta nueva herramienta deberá estar orientada a:

- ✓ Lograr una administración más profesional y menos empírica.
- ✓ Terminar con la improvisación con que cuentan muchas empresas.
- ✓ Generar una mayor eficiencia interna.
- ✓ Emplear al máximo la capacidad instalada.
- ✓ Invertir en talento humano y en la adquisición o generación de nuevas tecnologías.

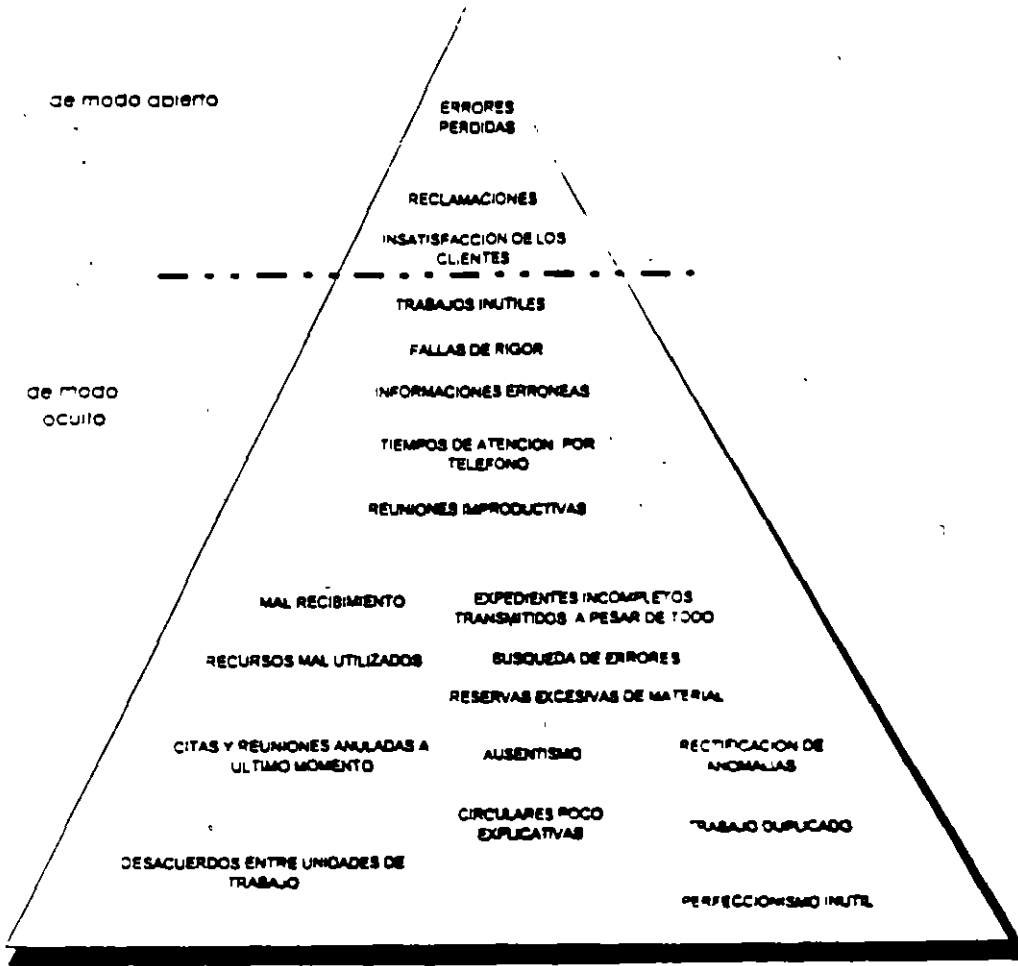
Con ello se podrá anticipar a los cambios, asegurando la presencia y permanencia en los mercados.

Referencias

- 1) El cliente es el receptor final del servicio, sin embargo, el cliente puede ser tanto el mismo como de las empresas constructoras, en donde se viva en la etapa siguiente de algún proceso o actividad. Por ejemplo, el departamento de producción tiene como cliente interno al departamento de control y seguimiento de obra, pues debe cumplir con el programa establecido, de esta forma puede lograrse y adecuarse a las necesidades.
- 2) Jonathan Maslow (1908-1975) cita en su libro *Manajemen y Personalidad* edit. Dussan de Santos 1991 que hay una relación de las necesidades básicas del ser humano y vendadas de las en la autorrealización (liberalización de la creatividad, optimización de competencia, armonía y bienestar, consideración, confianza en sí mismo, etc.) en donde la acción de la empresa debe buscar formas y métodos adecuados de motivación que se materializan en "objetos productivos y éticos".
- 3) Seguía la norma francesa NF.X 50 136 1 *Systèmes qualité. Lignes directrices pour la certification* Systèmes qualité. Parte 1. Dic 1988.
- 4) *Quality in the Constructed Project* American Society of Civil Engineers, 1988.
- 5) Datos suministrados, recogidos del libro *Gestion de la Qualité dans la Construction* Chauvier y M. Pourreau. Edit. Eyrolles Paris 1985.

COSTOS DE LA CALIDAD

La no calidad se manifiesta ...



parcial o total de contratos.
7) Escasez de materiales.

Como se puede observar, muchos de estos problemas son debidos a:

- ✓ Una mala comunicación con el cliente.
- ✓ Deficiencias administrativas internas.
- ✓ Falta de inversión en capacitación.
- ✓ Proveedores incapaces de abastecer los insumos.

Nuevamente, se hace necesaria e impostergable la aplicación de las normas de gestión de la calidad, que llegan a todos los niveles de la empresa, así como a sus proveedores.

Los elementos que integran los costos de calidad son:

- ✓ La prevención, a través de la perfecta definición de las necesidades del cliente.
- ✓ La revisión de las partes de un contrato, para verificar que no se omita absolutamente nada.
- ✓ La verificación del diseño, que considerará reglamentos y normas de construcción, ambientales, legales, etc., el código de ética profesional y la seguridad e higiene.
- ✓ La concepción de un plan de calidad que controle nuestro servicio al cliente, desde la elaboración del proyecto, su construcción, etcetera, hasta su puesta en operación y mantenimiento posterior.
- ✓ La selección de proveedores y subcontratistas, la revisión de los métodos de trabajo a aplicar y los programas de sensibilización a la calidad, así como los de capacitación y adiestramiento a todos los niveles jerárquicos de la empresa.

Muchas empresas, grandes o pequeñas, controlan sus costos minimizando los recursos materiales y humanos, sin considerar aquellos imputables a errores en la administración o defectos en el producto terminado.

Es interesante considerar los costos de la no calidad que se ilustran en la figura 1 (obtenida del libro *Gérer la qualité de la construction*, edit. Eyrolles).

Según estadísticas de empresas de la construcción, éstas

enfrentan, como principales problemas, los siguientes:

- 1) Retraso en el pago de estimaciones.
- 2) Falta de maquinaria y equipo.
- 3) Retraso en la formulación de contratos.
- 4) Desacuerdo en los precios unitarios.
- 5) Escasez de personal capacitado.
- 6) Modificación, cancelación

Héctor J. Robles J. T.

LA ETICA DE LA CONSTRUCCION ES LA CALIDAD DE LAS OBRAS

ING. SERVANDO DELGADO GAMBOA

Director general de Construcción de Obras del Sistema de Transporte Colectivo, D.F.

La experiencia acumulada a través de los años en que he tenido la oportunidad de trabajar en la construcción de obra pública, me motiva a opinar que en la actualidad resulta necesario invitar a los ingenieros mexicanos que participan en esta actividad, a reflexionar sobre la calidad de las obras en general, la calidad intrínseca del producto, el producto acorde con la calidad a cumplir, y la ética profesional.

Debemos reflexionar en que, con el correr del tiempo, la calidad de una obra es lo único trascendente, es lo de mayor valor; así pues, transcurridos los años, lustros, decenios, siglos, lo que externamos es: ¡qué bien hicieron las obras...; qué hermoso el proyecto de tal obra!, etcétera. Nos referimos exclusivamente a la calidad.

En un análisis retrospectivo, resulta intrascendente el tiempo de ejecución de la obra; el propio costo también resulta irrelevante; reiteramos: la calidad en todos sus aspectos, desde su planeación, el proyecto y la construcción misma, es lo único que perdura

Parece ser que muchos de los constructores de la actualidad están ejecutando obras de carácter efímero, para el momento, quizás para el corto o mediano plazo, pero mucho menos para el largo plazo. Esto, sin lugar a dudas, acarrea serias consecuencias para su adaptabilidad en el futuro.

Es importante también reflexionar en que, a lo largo del presente siglo, la actividad económica de las sociedades se ha intensificado a tal grado, que el área de la construcción viene evolucionando desde la auto-supervisión del constructor hasta la supervisión por parte de los clientes y, últimamente, a la

supervisión mediante empresas especializadas.

En este desarrollo, se ha distorsionado la conciencia ética de los constructores, que muchas veces no sienten a pleno la responsabilidad de hacer bien las cosas, sino de sólo hacerlas, sólo cumplir. Piensan más bien en que se las apruebe la supervisión y las puedan cobrar, luego entonces, el constructor trabaja para calificar con la supervisión e inhibiendo su ética profesional en el sentido de que la calidad es absolutamente su responsabilidad. Llegan a pensar que el control de la calidad depende del supervisor, lo cual es totalmente erró- ➤

Los que estamos participando, por parte del Distrito Federal, en la construcción del Metro, hemos considerado importante que en las licitaciones se pida a las empresas que nos detallen sus programas de control de calidad, que nos aseguren que se obtendrá la calidad que pactamos.

neo; el control de la calidad es intrínseco del que produce. Los supervisores no podrán hacer más allá de verificarla.

Procede reiterar que si el constructor no está dispuesto a cumplir éticamente con la calidad de la obra, sino nada más a que se lo apruebe la supervisión, la calidad se verá mermada seriamente. No es posible ponerle un supervisor a cada trabajador.

Sin lugar a dudas, la supervisión más efectiva es la de la propia constructora. La corrección del defecto en la construcción debe ser una orden del ingeniero constructor, debe ser espontánea, del propio constructor. Cuando el supervisor ordena la corrección del defecto, la reacción humana del constructor es no hacerla. Lo considera injusto, califica al supervisor de falta de criterio, lo ve con otras intenciones, termina haciéndolo obligadamente, y con el tiempo se va distorsionando su apreciación, de tal manera que trabajará para que el supervisor le dé su visto bueno y le pague el trabajo. Como se dijo, se inhibe su ética y su sentido de responsabilidad.

LA PARTICIPACION EN LAS LICITACIONES

Capítulo aparte merece la reflexión acerca de la participación de los constructores en las

licitaciones para la asignación de las obras. Estos deben prepararse con un espíritu de responsabilidad; deben prepararse con ética profesional. El constructor, al ofertar un precio unitario, debe analizar la especificación de la calidad requerida y, al hacerla, debe plantearse éticamente y proponer un precio unitario con el cual pueda satisfacer esos requisitos de calidad que le está exigiendo la convocante. No es ético bajar los costos con el único fin de ganar el concurso. Al bajar el costo, no debe hacerse mermando la calidad, sino aplicando la ingeniería e ingeniería en el diseño mismo de los materiales que cumplen la calidad en los procedimientos constructivos, en los aspectos financieros. En cierta forma, deben reflexionar con la siguiente expresión: "Recuerda, nunca debes bajar la calidad; nunca pagar económicamente con la calidad para ganar una licitación". En caso extremo, buscar otros aspectos de la ingeniería y en última instancia subir los costos, pero nunca bajar la calidad. Esta es la ley de las principales empresas que tienen éxito en el mundo, nunca van contra la calidad.

Actualmente existen muchos sistemas que se han integrado en la búsqueda de mejo-

rar la calidad. Así nos encontramos desde hace bastantes años con calidad integral, calidad total, círculos de calidad, aseguramiento de la calidad, etcétera. Existen más que suficientes metodologías que son herramientas excelentes para resolver el control de la calidad, pero que no lo resuelven por sí solas, sino esta detrás de su aplicación la capacitación de los ingenieros y la ética profesional.

LA EXPERIENCIA EN COVITUR

El problema de la calidad es global, para solución de él nos partir desde la formación elemental, la formación intermedia, la formación de capacitación continua. Tenemos que evolucionar hacia una cultura de calidad con responsabilidad. Por ello los que estamos participando por parte del Distrito Federal, en la construcción del Metro, hemos considerado importante que en las licitaciones se pida a las empresas que nos detallen sus programas de control de calidad que nos aseguren que se obtendrá la calidad que pactamos, no hemos podido aún establecer como requisito obligatorio el cumplir con certificaciones tipo ISO 9000, pero es nuestra "baliza", caminamos hacia ella.

Finalmente, la reflexión que cada vez es más genérica: "México se ha abierto al mundo", pero ¡cuidado! si no mejora su calidad, lo que podrá resultar beneficioso no lo será, lo peor es que será perjudicial.

En la construcción, la ética profesional debe sobreponerse a aspectos comerciales y otro tipo de valores a los que actualmente el constructor es demasiado impertinente que a la calidad de las obras.

En resumen, la ética de la responsabilidad en todas sentidos requiere revisión para encauzar hacia mejores derroteros a nuestra sociedad.

CONTROL Y VERIFICACION DE CALIDAD EN OBRAS A CARGO DE LA SCT

Por el Ing. Oscar de Buen Richkarday
Director General de Servicios Técnicos. SCT.
Ave. Coyoacán No. 1895, Col. Acacias
C.P. 03240 México, D.F.
Tel. 524-92-65

RESUMEN

En esta ponencia se presentan los antecedentes históricos de los sistemas de control y verificación de calidad que aplica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Se describe la evolución de esos sistemas en función de los avances de la tecnología mundial y de las modificaciones legales y administrativas que han tenido lugar en México. Se hace un diagnóstico de la situación actual de los sistemas de referencia y se analizan las causas que han motivado cierto grado de incongruencia entre las disposiciones normativas y la práctica de control de calidad en algunas obras a cargo de SCT. Se enfatiza la necesidad de cumplir con las disposiciones reglamentarias que responsabilizan a las empresas constructoras del control de calidad, el que debe ser un proceso dinámico y retroalimentador que tiene como fin primordial alcanzar la calidad especificada en los proyectos. Se plantean las perspectivas de cambio que se vislumbran en los sistemas actuales, a la luz de las tendencias generales de descentralización y desconcentración de funciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Entre los cambios más importantes que se estiman necesarios, destaca la conveniencia de contar con sistemas de acreditación de laboratorios que apoyen los esfuerzos de descentralización de funciones y de privatización de actividades. La colaboración de los laboratorios independientes al servicio de la construcción será muy valiosa para lograr establecer los sistemas de acreditamiento deseados.

ra. Aunque el objetivo sea simplemente ofrecer evidencias de contra con un sistema de calidad implantado, sin requerir su certificación, la consultoría ha probado ser una solución muy efectiva para evitar decepciones y gastos innecesarios en gran cantidad de ejecutivos que se han visto en situaciones problemáticas, al no poder cumplir con este requisito, más aún cuando la posible participación en un concurso importante está en juego.

En la mayoría de los casos, las etapas de consultoría definidas para implantar un sistema de calidad son la evaluación actual del sistema, contra lo requerido por la norma, capacitación y sensibilización al personal, documentación e implantación del sistema.

Sin embargo, el éxito garantizado para el proyecto consiste en tres factores:

Compromiso de la alta dirección

Muchos directores de empresas han tomado el proyecto de implantar un sistema de calidad en sus empresas como un requisito que cumplir para poder acceder licitaciones importantes o un tráfego más para la empresa, en caso de obtener la certificación. El compromiso total de la dirección, no sólo en los primeros pasos hacia la certificación, sino hasta la obtención de la misma, es indispensable. Para un director dudoso o escéptico, el "gasto" para contar con un sistema de calidad se considera innecesario. Pero, aunque esta empresa continúe obteniendo contratos sin contar con el sistema, posiblemente en los próximos dos años ya haya sido nulificada por la competencia, la cual se preparó oportunamente para implantar esta herramienta.

Obtener asesoría profesional

Desafortunadamente, como en otros prestadores de servicios

profesionales, existe más cantidad que calidad. Los parámetros para evaluar a un consultor, y que no sólo sean por el precio, como la mayoría de las empresas lo hacen, son comprobar no sólo su experiencia en aseguramiento de calidad, sino su conocimiento del ramo de la empresa que está asesorando. Por ejemplo, no es posible que un consultor con gran experiencia en industria metal-mecánica o electrónica, sepa identificar los procesos críticos de una empresa constructora o firma de ingeniería. Es también útil obtener referencia de otras empresas que el consultor haya asesorado, que cuente con al menos dos años de experiencia práctica y con el conocimiento profundo de la serie ISO 9000. También, es infortunado comprobar que muchas empresas dan por hecho que los consultores extranjeros son mejores que los nacionales. La clave de nuevo es comprobar experiencia.

Compromiso de la empresa

La gran preocupación de las empresas asesoradas es que, con una mínima inversión, el consultor haga las veces de hombre orquesta y se dedique a implantar un sistema, teniendo a la dirección y al personal de la empresa como espectadores pasivos en el proyecto. La ley de Pareto igualmente se aplica aquí, ya que un 80% de la responsabilidad, recursos y trabajo comprometidos son de la empresa y un 20% es labor del consultor. La creencia de que un sistema de calidad es inexistente en una empresa es totalmente falsa, ya que si una empresa permanece en el mercado es porque necesariamente cuenta con sistemas informales que le permiten satisfacer las necesidades de sus clientes, aunque, en la gran mayoría de los casos, estos sistemas no están formalmente reconocidos ni documentados para

poder cumplir con los requisitos de la norma.

Igualmente, muchas empresas dudan en contratar a un consultor si éste no garantiza que con su trabajo la empresa logrará la certificación. Esto es impredecible, ya que, idealmente, la empresa asesorada es la que debe llevar el control del proyecto. Por lo tanto, toda la administración del proyecto es responsabilidad de una compañía. El consultor ofrece el conocimiento técnico para establecer las actividades del proyecto y presupondrá cuánto durarán, pero la empresa asesorada administra la disponibilidad de recursos y el seguimiento del proyecto, por lo que de ella depende en gran parte el resultado, bueno o malo, del proyecto.

CONCLUSION

Actualmente, contar con un sistema de calidad se ha vuelto un requisito necesario para las empresas que quieren obtener ventaja competitiva sobre las que no la tienen y, además, ofrece el beneficio de evitar quejas por retrabajos, penalizaciones por incumplimientos y contar con un control y organización más efectivos en las actividades diarias, trayendo como resultado más credibilidad y, en mediano y largo plazo, mayores utilidades. □

El proceso de implantación de un sistema de calidad en una empresa comprende actividades estructuradas en función de los recursos disponibles y el objetivo asignado. En el caso de las empresas grandes, la consultoría es proporcionada internamente por un grupo de especialistas ya capacitados en el tema. Sin embargo, en empresas micro, pequeñas y medianas dicho proceso les ha resultado difícil y muy costoso.

CONTROL Y VERIFICACION DE CALIDAD EN OBRAS A CARGO DE LA SCT

Ing. Oscar de Buen Richkarday

ANTECEDENTES HISTORICOS

La construcción de carreteras para el tránsito automotor data en México de principios de este siglo. En las primeras décadas había pocos vehículos concentrados en unas cuantas ciudades, por lo que no era urgente la creación de una red de carreteras. Las necesidades del transporte de bienes y personas se satisfacían por medio de los ferrocarriles los que tuvieron un comienzo tardío hacia 1872, pero que experimentaron entre ese año y 1910 un rápido crecimiento hasta alcanzar una longitud similar a la actual en sólo 30 años.

Las turbulencias políticas y sociales generadas por el movimiento revolucionario de 1910, retrasaron aún más la aparición de la red de carreteras y crearon una demanda creciente por contar con una red adecuada para los vehículos automotores, cada vez más abundantes. En 1925, el Gobierno de la República para responder a esa demanda creó la Comisión Nacional de Caminos cuyo objetivo fue el de conjuntar los esfuerzos públicos y privados para la construcción de carreteras. Debe reconocerse que en un principio la tecnología disponible para esta construcción era muy deficiente. Muchas carreteras seguían muy de cerca los trazos de viejos caminos de herradura de la época colonial y en otras simplemente se recurría a modificaciones de alineamiento y rasante con los materiales de préstamo lateral que se encontraban más a la mano. Se desconocían los fundamentos científicos del comportamiento de materiales y se seguían únicamente criterios empíricos generados por la experiencia de construcción de

carreteras en otros países. Es necesario tener en cuenta que esta situación de atraso no era privativa de México, sino que era mundial. La Mecánica de Suelos, disciplina fundamental para el desarrollo de las técnicas modernas de construcción de vías terrestres, sólo había sido establecida en forma teórica por Karl Terzaghi en 1922 y habrían de pasar todavía algunos años para que se hicieran las primeras aplicaciones prácticas de ella. Estas deficiencias explican porqué todavía ahora muchos tramos de la red federal de carreteras presentan problemas estructurales que ocasionan graves problemas de mantenimiento. Desafortunadamente, la mayor parte de esos tramos, que son los más antiguos, también son los que tienen mayores volúmenes de tránsito porque comunican las ciudades más importantes del altiplano.

Las primeras carreteras del país fueron las México-Puebla, México-Pachuca, México-Cuernavaca y México-Toluca. Ante la insuficiencia de tecnología, capital y experiencia de las empresas mexicanas, estas carreteras fueron encargadas a empresas norteamericanas, entre las que pueden mencionarse la Byrne Brothers. Las técnicas que se aplicaban, de acuerdo con los conocimientos de la época, eran atrasadas ya que no se daba importancia a la calidad de los materiales para la construcción de las terracerías y los de pavimentación se seleccionaban a criterio del ingeniero residente de la obra, ya que sólo existía un laboratorio de control en la Ciudad de México al que se enviaban esporádicamente muestras con objeto de tener una idea de las características de los materiales que se pretendía emplear, pero con los grandes problemas derivados de la falta de medios adecuados de comunicación.

Las empresas norteamericanas trabajaron pocos años y al retirarse, la ejecución de las obras quedó en manos de técnicos mexicanos que si bien desempeñaron un magnífico papel por los conocimientos que habían adquirido también habían asimilado técnicas defectuosas.

En ese tiempo, en Estados Unidos surgieron sociedades profesionales especializadas en materia de carreteras, como la ASTM, la AASHTO y el Instituto del Asfalto y se

constituyeron Departamentos de Carreteras en todos los Estados de la Unión, entre los que destacan los de California y Texas por la importancia que dieron y siguen dando a las investigaciones que fundamentan las técnicas modernas de construcción de vías terrestres.

En México, en 1927 se estimó necesario reglamentar el proyecto y la construcción de carreteras, para lo cual se publicó la primera versión de las "Especificaciones de Caminos" que rigió en este país. Estas especificaciones en su mayor parte eran una adaptación de normas norteamericanas, por lo que no siempre resultaban adecuadas a las condiciones y necesidades nacionales. Esta situación se solventó, de acuerdo con los conocimientos y las necesidades de la época sólo hasta 1957, en que después de 10 años de preparación y estudio, se publicaron las primeras "Especificaciones Generales de Construcción" de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

El primer laboratorio establecido por la Dirección Nacional de Caminos se instaló en 1934 en la Ciudad de México. Ahí se prepararon los laboratoristas que habrían de atender los primeros laboratorios de campo cercanos a los frentes de trabajo. Esos laboratorios eran incipientes y sólo podían estudiar y controlar en forma directa y con pruebas muy sencillas los materiales que se utilizaban, principalmente en la pavimentación. El primer laboratorio de campo se instaló en la población de Chapuihuacán, Hgo, para controlar la construcción de la carpeta asfáltica del tramo: Jacala- Tamazunchale. Los primeros laboratorios de Mecánica de Suelos se establecieron en 1940 con el objeto de controlar obras del ferrocarril del Sureste.

En 1942 se creó el Departamento de Investigación y Laboratorios para que las distintas dependencias de construcción y conservación que formaban parte de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas pudieran contar con los servicios técnicos inherentes a las obras a su cargo como eran carreteras, puentes, edificios, etc.

Posteriormente, al presentarse una etapa de desarrollo acelerado del país, se incrementó de forma apreciable la construcción de vías terrestres, lo que propició el desarrollo de las disciplinas de ingeniería relativas a este tipo de vías, haciendo apremiante la necesidad de contar con estudios, proyectos y sistemas de control de calidad más oportunos y eficaces. Para responder a esta necesidad se creó en 1953, a partir de un Departamento de Estudios Especiales, la Dirección General de Proyectos y Laboratorios, que ejecutó los estudios y proyectos y llevó a cabo el control de calidad de todas las obras de carreteras y aeropistas de la SCOP hasta 1972.

En ese último año, como parte de las políticas de descentralización del Gobierno Federal, se fundaron los Centros SCT en cada una de las capitales de los Estados de la República. Las actividades de estudios y proyectos fueron asignadas a las dependencias ejecutoras locales y las tareas de supervisión quedaron a cargo de los Centros SCT, que se apoyaron en las Unidades Generales de Servicios Técnicos de cada Estado, las que fueron creadas agrupando laboratorios regionales existentes. En el mismo año, surge la Dirección General de Servicios Técnicos como una dependencia coordinadora y coordinadora de las Unidades Generales de los Centros SCT y como un organismo de apoyo para las dependencias constructoras.

Es importante señalar que en el periodo que se reseña (de 1925 a 1972) el control de calidad de las obras, tanto por administración como por contrato, era ejecutado directamente por la Secretaría a través de sus laboratorios de campo y laboratorios regionales. Esta situación se daba a pesar de que las normas de 1957 ya señalaban que correspondía a las empresas constructoras la responsabilidad de llevar a cabo el control de calidad de las obras y que la Secretaría sólo debería verificar que se alcanzaba la calidad especificada en el proyecto.

Esta prescripción se encuentra perfectamente lógica si se recuerda que el control de calidad es un proceso mediante el cual se alcanza una norma preestablecida en un sistema

productivo. Debe ser un proceso dinámico y oportuno que permita la rápida retroalimentación de resultados, a fin de ir corrigiendo los desvíos y mantener al producto dentro de los márgenes aceptables por la norma. En el caso de la construcción, es sólo la empresa que ejecuta los trabajos la que cuenta con toda la información y con todos los mecanismos que le permiten realizar el control; la intervención del cliente (en este caso la Secretaría) no puede tener la misma eficacia, por no tener acceso a la información ni mando directo sobre los mecanismos de control.

De acuerdo con las ideas imperantes en esa época, se consideraba que era suficiente que el cliente (la Secretaría) verificara la calidad del producto que recibía, con fines de aceptación y pago. Esta situación establecida en las normas era generalmente soslayada y las empresas constructoras dejaban en manos de la Secretaría el control de calidad, lo que generaba una situación viciosa porque les restaba responsabilidad profesional en su actividad. Además a menudo, por estar fuera la Secretaría del proceso productivo, los resultados de las pruebas eran inoportunos y ya no se traducían en cambios del proceso productivo y si solamente en conflictos de carácter contractual. Desafortunadamente este sistema conducía en ocasiones a que la Secretaría debía terminar por aceptar obras de calidad inferior a la deseada, no siendo relevante para los fines superiores de la Nación el que pagara menos por ellas.

La situación descrita se explica por la evolución histórica del Estado Mexicano y en particular de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en sus áreas relativas a la construcción de carreteras. En las primeras décadas que siguieron al movimiento revolucionario el Estado tenía un carácter paternalista, por lo que la Comisión Nacional de Caminos y las entidades que la sucedieron empezaron por ejecutar directamente las obras, tanto de construcción como de conservación, así como los estudios, proyectos y servicios de control de calidad. Esto se debía a que por el escaso desarrollo de la sociedad mexicana, no existían empresas de consultoría ni de construcción, el mercado de trabajo era raquítico, los problemas y los recursos para resolverlos eran pocos y la forma más eficiente para

lograr el despegue del desarrollo económico era en ese tiempo la centralización de actividades en dependencias oficiales como fueron la Comisión Nacional de Caminos y las sucesoras.

Al sobrevenir el crecimiento de la economía nacional, la Secretaría fue dejando funciones en manos de empresas privadas: las primeras que se dejaron fueron las de construcción, servicios de consultoría para estudios, proyectos y supervisión de obras lo fue posteriormente.

Esta evolución explica que el control de calidad haya sido ejecutado en forma centralizada por los laboratorios de la Secretaría con los problemas que se han señalado.

DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

De 1972 a la fecha, se ha incrementado la delegación de funciones en los Centros SCT, ha crecido aún más el volumen de las obras a cargo de la Secretaría, se han formado y multiplicado las empresas de construcción y consultoría, entre las que destacan para los fines que nos ocupan, las empresas que dan servicios de supervisión y control de calidad de las obras. Las condiciones están dadas para que se aplique plenamente la disposición normativa que obliga a las empresas a responsabilizarse del control de calidad. Sin embargo, debe reconocerse que desafortunadamente aún persiste cierto grado de incongruencia entre la normativa y la práctica sobre el control de las obras, que se explica porque la implantación de nuevos sistemas en cualquier medio, queda siempre en forma final en manos de personas y éstas muchas veces se muestran renuentes al cambio de costumbres y transmiten a sus discípulos colaboradores sus actitudes y tradiciones. Por este hecho tan humano, es que nos encontramos todavía funcionarios de la Secretaría que estiman que deben ser los laboratorios de esta los que controlen la calidad de las obras y

nos encontramos también con empresarios de la construcción que por comodidad y por espíritu de ahorro malentendido, esperan que sean los laboratorios de la Secretaría los que les digan como controlar sus procesos productivos.

Es indudable que el cambio en la práctica sólo puede lograrse con el tiempo y con acciones permanentes de capacitación y concientización. Aparte de las conveniencias ya señaladas que tiene el deslinde de responsabilidades en el control de calidad, cabe señalar que el esquema centralizador actualmente es insostenible porque se opone a las políticas generales adoptadas por el Gobierno de la República para la modernización del Estado. Esas políticas buscan privatizar la mayor parte las actividades que antes realizaba el Estado y dejar en manos de éste solamente las de normatividad, coordinación y fomento. Siguiendo esas políticas generales se han aplicado en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes como en el resto de las dependencias, una serie de políticas de adelgazamiento que han repercutido en una merma considerable de los cuadros técnicos. Entre esas políticas cabe señalar las promociones para el retiro voluntario del personal de nómina, los estímulos por jubilaciones y pensiones, la congelación de plazas, etc. Si a eso se suman condiciones impuestas por la crisis económica como la baja escala de salarios, la falta de estímulos para hacer carreras en el servicio civil y la escasez generalizada de recursos, se encuentra la explicación de la insuficiencia de profesionales y técnicos que aflige actualmente a las dependencias de la SCT.

Aun cuando la Secretaría de Comunicaciones y Transportes fue señera en México en la implantación de laboratorios para el control de calidad de las obras y en la promoción del desarrollo de la tecnología de la construcción, es preciso reconocer que las limitaciones impuestas por las crisis económicas la han llevado a una situación de rezago en el área de laboratorios para el control de la calidad de la construcción, de manera que actualmente en algunos aspectos se encuentran mejores equipos y mejor personal técnico en laboratorios privados que en los de la SCT. Sin dejar de lado el hecho de que la Secretaría debe

esforzarse en superar esos rezagos y actualizar su equipamiento, así como en buscar la superación de sus técnicos. es evidente que debe aprovechar plenamente la capacidad instalada en los laboratorios privados. en beneficio de la calidad de las obras.

Otro aspecto que debe mencionarse como negativo para los sistemas de control de calidad en las obras a cargo de la Secretaría. es el que se refiere al establecimiento de programas de construcción que obedecen a objetivos políticos coyunturales y que no toman en cuenta los tiempos mínimos que requieren los estudios. los proyectos y el sistema retroalimentador de control del proceso productivo. Cuando se establecen programas demasiado optimistas y con un conocimiento insuficiente de las condiciones del entorno, se está propiciando el incumplimiento de los procedimientos de aseguramiento de la calidad. El apresuramiento en el cumplimiento de metas conforme a programas demasiado ajustados, propicia la omisión de la intervención oportuna de los diferentes agentes del control de calidad.

Esta situación ya está empezando a corregirse con la implantación de la nueva Ley de Adquisiciones y Obras Públicas, que impone plazos mínimos para la licitación y contratación de las obras y exige que se cuente con los estudios completos antes de licitarlas. Por otra parte la atonía impuesta por la actual crisis económica. proporciona a los involucrados en la gestión y ejecución de carreteras, una oportunidad valiosa para imponer en el desarrollo de las obras los tiempos mínimos que permiten un control de calidad adecuado.

Atendiendo disposiciones del Gobierno de la Republica, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha iniciado un programa radical de descentralización y desconcentración de funciones. Por la descentralización un gran número de las funciones actuales de la Secretaría se transferirán a los gobiernos de los Estados. Como ejemplo puede mencionarse que la red actual federal de carreteras de 42,000 km se reducirá a la mitad. despues de transferir aproximadamente 21,000 km a los Estados.

La desconcentración implica la transferencia de funciones de las dependencias centrales de la Secretaría a los Centros SCT. Dichos Centros serán cada vez más órganos ejecutivos, responsabilizados de los estudios, proyectos, licitación, contratación y supervisión de las obras. Las Unidades Generales de Servicios Técnicos tendrán en consecuencia un aumento desmesurado en la demanda de sus servicios. Deberán atender directamente actividades que antes ejecutaban las dependencias centrales y es previsible que también deberán servir de elementos de apoyo para complementar la capacidad técnica de los Gobiernos de los Estados en el área de carreteras, por lo menos durante un período de transición mientras los organismos técnicos estatales se fortifican para atender con propiedad los tramos de la red que les serán transferidos. Estas situaciones y la rapidez de la evolución de la tecnología para el control de la calidad en la construcción, imponen sobre los sistemas de trabajo de la Secretaría en materia de Servicios Técnicos, una urgente necesidad de cambio.

PERSPECTIVAS

Ante la situación descrita, se plantea la necesidad de modernizar los sistemas y procedimientos de control de calidad en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Partiendo del principio básico de que el objetivo fundamental de la Secretaría debe ser el obtener obras que alcancen los estándares de calidad fijados en los proyectos, se concluye que lo importante es establecer un sistema de aseguramiento de la calidad. Este sistema constará de dos vertientes: el control de calidad y la verificación de ese control.

El control de calidad se entiende como un proceso sistemático y extensivo que debe quedar a cargo del constructor, a fin de que este pueda corregir oportunamente las causas que motiven desvíos de la obra respecto a los estándares de calidad especificada por arriba de los márgenes de tolerancia. A la Secretaría solo debe competérle realizar una verificación

de que ese control sea el adecuado para las características de la obra y que la verificación sea un proceso puntual y aleatorio con fines de aceptación y pago y que no interfiera en el proceso productivo.

Sin embargo, es oportuno recordar que la Secretaría ejecuta obras por administración y por contrato. El sistema que se ha descrito corresponde a las obras por contrato, en las que la responsabilidad de la calidad debe ser tomada por la empresa contratista. En el caso de obras por administración, es la propia Secretaría la que debe realizar el control de calidad. Aun cuando la importancia relativa de las obras por administración es cada vez menor, se estima conveniente que los laboratorios de la Secretaría conserven una capacidad mínima para controlarlas.

En lo que se refiere a la organización de los trabajos de laboratorio necesarios para la verificación y control de calidad, la Dirección General de Servicios Técnicos se ha propuesto consolidar el siguiente esquema operativo:

Los Laboratorios de las Unidades Generales de Servicios Técnicos en cada Centro SCT atenderán directamente las obras en el Estado correspondiente, siguiendo instrucciones programáticas y operativas del C. Director General del Centro, conforme a la división de responsabilidades ya señalada.

Los Laboratorios de las Unidades Regionales realizarán las pruebas necesarias para los estudios a cargo de dichas Unidades, siendo estos estudios tanto los de carácter específico para obras determinadas, como los de tipo general que apoyen investigaciones de innovación tecnológica. Asimismo, apoyarán a las Unidades Generales en aspectos operativos, cuando se presenten picos de trabajo por encima de la capacidad instalada en estas últimas y realizarán algunas pruebas de aceptación de materiales que requieran equipos especiales.

El Laboratorio Central de la Dirección General prestará apoyo para pruebas de carácter especial que requieran equipos costosos que no puedan adquirirse para todos los Centros SCT y Unidades Regionales; complementara la capacidad de Laboratorios foráneos cuando sea necesario y realizará estudios de investigación aplicada, especialmente para la evaluación e implantación de nuevos equipos.

Es importante señalar que para que los esquemas descritos puedan implantarse y resulten eficaces en el logro final que es el aseguramiento de la calidad de las obras, se hace necesario que se realice otra serie de acciones en diferentes áreas de trabajo de la Secretaría. En seguida, se describen algunas de las mas importantes:

Actualización de normas SCT

Actualmente la Subsecretaría de Infraestructura, por acuerdo del C. Secretario del Ramo, está procediendo a la revisión de una nueva versión de las Normas de Construcción elaboradas por el Instituto Mexicano del Transporte. En esta versión no sólo se incorporan los avances recientes en nuevos materiales, productos y técnicas constructivas, sino que también se toman en cuenta los nuevos marcos legal y administrativo que norman la acción de la Secretaría y en lo que se refiere al aseguramiento de la calidad, se enfatiza el deslinde de responsabilidades ya descrito.

Inicialmente este proceso de revisión será interno del Sector Comunicaciones y Transportes. Cuando se haya obtenido por consenso una versión final de estas normas, se iniciará otro proceso para oficializarlas como normas mexicanas o normas oficiales mexicanas, de acuerdo con los lineamientos de la Ley Federal de Metrología y Normalización. En esta segunda fase, se solicitará la intervención de organismos y empresas ajenas al Sector Comunicaciones y Transportes, tanto públicas como privadas.

Cambios en los procedimientos de licitación y contratación

Los procedimientos adicionales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para la licitación y contratación de las obras, han experimentado recientemente cambios importantes para ajustarse a las disposiciones de la nueva Ley de Adquisiciones y Obras Públicas. Esta Ley a su vez contempla las acciones de modernización del Estado y la inserción de México en el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica.

Sin embargo, para consolidar los esquemas propuestos de control y verificación de calidad de las obras, se requieren ajustes adicionales a las prácticas de licitación y contratación. Se estima necesario que en México, al igual que en otros países, se permita la participación en los concursos a aquellas empresas que demuestren la capacidad técnica necesaria para el tipo de obra que se está licitando. Entre los aspectos importantes de esa demostración de capacidad técnica, debe incluirse la presentación por parte de la empresa, de sus sistemas y procedimientos para el aseguramiento de la calidad. Esos sistemas deben ser de carácter permanente aunque queda abierta la posibilidad de que una empresa constructora subcontrate los servicios de supervisión y de control de calidad de la obra.

Para que la Secretaría se asegure plenamente de la capacidad técnica de las empresas concursantes en lo que se refiere al control de calidad, deberá contarse con un sistema nacional de acreditamiento de Laboratorios de vías terrestres. Actualmente la Dirección General de Servicios Técnicos ha empezado a colaborar con SINALP, Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Prueba, en trabajos que tienen por objetivo obtener en un plazo breve ese sistema de acreditación, el cual resultará de gran utilidad para los laboratorios independientes al servicio de la construcción, pues les permitirá acceder a un mercado de gran potencialidad. A las empresas constructoras también les resultará útil conocer la gama de servicios disponibles y para la Secretaría de Comunicaciones y

Transportes, el sistema de acreditamiento resultará una herramienta valiosa para asegurar la calidad de las obras.

Es oportuno señalar dentro de este contexto, que la Secretaría podrá complementar su capacidad instalada para la verificación del control de calidad de las obras, contratando los servicios de empresas de consultoría. A partir de ese momento al consultor se le considera parte de la Secretaría y éste deberá ajustar sus programas y procedimientos de trabajo a los propios de la dependencia.

Desarrollo de programas de aseguramiento de calidad

Aparte de las normas de construcción de la SCT, es necesario que la Secretaría desarrolle un Programa General de Aseguramiento de la Calidad, complementado con Manuales de Organización y Procedimientos que aclaren dentro de los esquemas propuestos, las relaciones entre las diferentes dependencias de la Secretaría y entre éstas y las empresas constructoras y consultoras. Ese Programa debe contemplar diferentes esquemas para diferentes tipos de obra, según las fuentes de financiamiento y las características y dimensiones de ellas.

Igualmente, la Secretaría debe exigir que las empresas constructoras cuenten con su propio Programa de Aseguramiento de la Calidad en el que se deslinde claramente el cuerpo profesional encargado de la construcción y supervisión del cuerpo profesional encargado del control de calidad.

En este programa se deben establecer los sistemas y los procedimientos que permitan revisar los proyectos aportados por la Secretaría y posteriormente controlar la calidad de los materiales como del proceso productivo. Deberá definirse claramente el mecanismo

de enlace que permita la retroalimentación de los resultados del control en el proceso constructivo.

Los subcontratistas de la empresa constructora, entre los que se incluyen los prestadores de servicios de control de calidad, deberán también tener su propio programa de aseguramiento de calidad que sea compatible con el de la empresa contratante.

Por otra parte, para cada obra en particular y especialmente para las grandes obras, debe desarrollarse un Plan específico de control de calidad por parte de la Secretaría y sus consultores y por parte de las empresas contratistas y sus subcontratistas. El Plan contemplará las circunstancias particulares de cada caso, por ejemplo, las limitaciones de programa, de recursos, de tipo social y ambiental. Para la etapa de licitación bastará con que las empresas concursantes presenten un Plan de carácter general, pero al inicio de la obra, el Plan de control de calidad de la obra deberá estar completamente definido.

Implantación de sistemas de evaluación, seguimiento e innovación

El sistema propuesto para el control y verificación de la calidad de las obras, deberá ser complementado con mecanismos que permitan su evaluación permanente. En el pasado, en ocasiones se concebía los sistemas de control de calidad como instrumentos de carácter policiaco cuyo objetivo era detectar errores y culpables con fines punitivos. Esta actitud generalmente desembocaba únicamente en conflictos prolongados y costosos y no se reflejaba en el aumento de calidad de las obras, porque los potenciales constructores elevaban de antemano sus cotizaciones para tomar en cuenta los sobrecostos que los conflictos les habían de implicar.

Es mejor estrategia fomentar la responsabilidad profesional de los constructores y consultores que participen en las obras de la Secretaría y realizar una evaluación

permanente de los resultados del sistema del control de calidad para su posterior afinamiento, en beneficio de la calidad de las obras futuras.

La evaluación también se refiere a la necesidad de que la dependencia contratante lleve un seguimiento del comportamiento tanto de empresas como de consultores independientes. Este seguimiento se reflejará en el acreditamiento de los participantes en la construcción y en los casos extremos de irresponsabilidad o incapacidad, podrá llevar a la rescisión del acreditamiento correspondiente.

Por otra parte, el sistema propuesto no debe concebirse como un sistema rígido que perpetúa prácticas tradicionales y que cancela las posibilidades de innovación tecnológica. Es importante que la Secretaría cuente con un mecanismo que permita la incorporación de las innovaciones que se propongan, previa evaluación y adecuación a las circunstancias nacionales. Las innovaciones pueden referirse al empleo de nuevos productos o de nuevas técnicas constructivas. Generalmente la dificultad con que tropieza la implantación de estas novedades es la falta de normas que permitan su aplicación racional y segura. Para obviar esta dificultad, la Dirección General de Servicios Técnicos está considerando la posibilidad de que se emprendan estudios específicos de investigación aplicada, que permitan la evaluación de las innovaciones propuestas. El costo de estos estudios sería sufragado por las entidades comerciales que promuevan la introducción de innovaciones. De estos estudios surgiría la norma necesaria después de haber sido evaluada y sancionada por los especialistas y autoridades involucradas. De esta manera, se concluye que el proceso de actualización de normas debe ser de carácter permanente.

Capacitación y concientización

Es importante señalar que las ideas que se han vertido en este trabajo, no significan que en materia de control de calidad en las obras a cargo de la SCT se esté partiendo de cero o que

los sistemas establecidos tengan tantas carencias que sea necesario transformarlos radicalmente. En la Secretaría de Comunicaciones y Transportes existe un cuerpo técnico con amplia preparación y experiencia y un grupo importante de administradores con una visión clara de los problemas de calidad, que han realizado y seguirán realizando sus mejores esfuerzos por lograr obras de calidad adecuada. Únicamente se está proponiendo aquí un reordenamiento y sistematización de los procedimientos y temas existentes en beneficio de obras cada vez más extensas y numerosas a cargo de la Secretaría con el afán de adecuar el quehacer de la Secretaría a las tendencias generales de desconcentración, descentralización de responsabilidades y de transferencia, cada vez más acentuada, de actividades del Sector público al privado.

Es evidente, por otra parte, que el sistema que se establezca para el control y la verificación de la calidad de las obras, es sólo uno de los instrumentos de que se dispone para mejorar la calidad de la construcción. Por muy bien que se diseñe ese sistema, no funcionará si falta la piedra clave de la calidad que es la concientización y la capacitación de las personas involucradas en el proceso productivo. Todos ellos, desde funcionarios y empresarios hasta técnicos y peones, deben estar convencidos de que su responsabilidad principal es realizar bien su trabajo en aras de la calidad.

Esta reflexión puede extenderse a todas las órdenes de la vida nacional. La calidad debena convertirse en una obsesión de los mexicanos. A la concientización debe acompañarse la capacitación para que una vez que las personas estén convencidas de que deben hacer bien su trabajo, sean capaces de hacerlo bien. Por lo expuesto, las modificaciones propuestas a los sistemas de control y verificación deberán ser acompañadas por campañas extensas de concientización y de capacitación que involucren a todos los participantes en la construcción. Es indudable que el apoyo de la Asociación Nacional de Empleados Independientes al Servicio de la Construcción será muy valioso para la Secretaría de

Comunicaciones y Transportes en estas campañas, así como en otros aspectos de implantación de nuevos sistemas de control y verificación de la calidad de las obras.

Puebla, Pue., 7 de octubre de 1995.

SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS

DIRECCIÓN DE ACREDITAMIENTO

SUBDIRECCIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE ACREDITAMIENTO

DE LABORATORIOS DE PRUEBAS



INTRODUCCION AL SISTEMA

==

**SISTEMA NACIONAL DE ACREDITAMIENTO
DE LABORATORIOS DE PRUEBAS**

CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. CREACION Y OBJETIVOS
3. MARCO LEGAL
4. FUNCIONAMIENTO
 - 4.1. DIRECCION GENERAL DE NORMAS
 - 4.2. COMITES DE EVALUACION
 - 4.3. LABORATORIOS ACREDITADOS
5. PROCESO DE ACREDITAMIENTO
 - 5.1. SOLICITUD
 - 5.2. EVALUACION
 - 5.3. ASESORIA
 - 5.4. MEDIDAS CORRECTIVAS
 - 5.5. DICTAMEN
 - 5.6. ACREDITAMIENTO PROPUESTO
 - 5.7. ACREDITAMIENTO DENEGADO
 - 5.8. APELACION
6. DESPUES DEL ACREDITAMIENTO OFICIAL
7. RENOVACION
8. RETIRO VOLUNTARIO
9. CANCELACION
10. REVISIONES POSTERIORES A LA ACREDITACION
11. USO DEL LOGOTIPO SINALP
12. VENTAJAS
13. INFORMACION ADICIONAL

1.-INTRODUCCION

Actualmente los laboratorios juegan un papel fundamental para el desarrollo industrial de los países porque son las bases técnicas de una serie de actividades vinculadas con la calidad, como son la investigación en el desarrollo de nuevos productos, procesos, sustitución de importaciones, así como para la evaluación de importaciones, la evaluación de la calidad de productos, materias primas, por citar algunas.

Este papel fundamental también coincide en el comercio nacional ya que los consumidores principalmente la industria de la transformación, exigen con mayor frecuencia una calidad certificada que necesariamente se verifica mediante realización de pruebas en laboratorios.

Asimismo, en el marco en que se desenvuelve nuestro comercio exterior la intervención de los laboratorios es cada vez más importante, ya que la creciente competitividad obliga a garantizar a través de pruebas que la calidad de un producto corresponde a la convenida y especificada entre exportador e importador a la estipulada en las reglamentaciones técnicas determinadas por los gobiernos.

De esta importancia inminente que adquieren los laboratorios de pruebas se ha hecho necesario establecer sistemas que acrediten que estos funcionan adecuadamente y que emiten resultados confiables. Derivado de esta necesidad, se han desarrollado Organismos de Acreditamiento. En nuestro país, es el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas (SINALP)

2.-CREACION Y OBJETIVOS

En México, el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas (SINALP), se creó el 21 de Abril de 1980 por Decreto Presidencial y se elevó a rango de Ley el 26 de Enero de 1988, y en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización del 1 de Julio de 1992. Se establece como el Único Organismo de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas.

El SINALP es un organismo de naturaleza mixta (oficial y privada) que tiene los siguientes propósitos: agilizar las transacciones comerciales a nivel internacional eliminando barreras no arancelarias, optimizar los recursos existentes y estimular el desarrollo industrial del país, mediante el reconocimiento y aceptación de resultados de pruebas obtenidas en laboratorios confiables basándose en directrices internacionales como guías ISO/CEI, normas emitidas por la ISO y trabajos de ILAC.

Los Laboratorios que logran obtener el reconocimiento oficial a través del Acreditamiento, son aquellos que cumplen con la serie de requisitos que establece el Sistema como son: ORGANIZACIÓN, RECURSOS HUMANOS, EQUIPO, INSTRUMENTOS DE PRUEBA, ESTABILIDAD, SEGURIDAD, MUESTRAS Y MATERIALES AUXILIARES PARA PRUEBAS, METODOLOGÍA, SISTEMA DE REGISTRO, INFORME DE RESULTADOS, SUPERVISION Y ARCHIVO, ETC.

La observancia en el cumplimiento de dichos requisitos se lleva a cabo mediante una rigurosa evaluación inicial y una serie de evaluaciones periódicas que demuestran la continuidad de su competencia.

3.-MARCO LEGAL

Decreto que establece el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de abril de 1980.

Reglamentos de Operación del Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de octubre de 1980.

Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de Julio de 1992.

Las normas Mexicanas:

NMX-CC-13-1992 Criterios generales para la operación de los laboratorios de pruebas

NMX-CC-14-1992 Criterios generales para la evaluación de los laboratorios de prueba

NMX-CC-15-1992 Criterios generales relativos a los organismos de acreditamiento de laboratorios de pruebas.

4.-FUNCIONAMIENTO

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, es la encargada de coordinar los procedimientos administrativos del Sistema en concordancia con prácticas internacionales condiciones del país.

Asimismo, es la encargada de otorgar el reconocimiento oficial a aquellos laboratorios que cumplen con los requisitos de operación establecidos por el SINALP, basados en los criterios definidos en la Norma NMX-CC-13, 14 y 15 de 1992.

4.1. COMITES DE EVALUACION

Operan en forma autónoma como instrumentos de apoyo técnico y cada uno controla una área industrial determinada.

Cada Comité de Evaluación cuenta con sus funciones de evaluación a los Laboratorios mediante un grupo de expertos designados EVALUADORES, quienes visitan al Laboratorio solicitante con el fin de:

-Verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos del Sistema; así como, asesorar y recomendar metodología y/o procedimientos técnicos susceptibles de mejorar la calidad de las Determinaciones que realice.

A través de estos Comités se lleva a cabo la promoción, difusión y aplicación de prácticas de trabajo uniformes y confiables en los Laboratorios Nacionales y llevan como objeto lograr el reconocimiento de estos laboratorios a nivel regional, nacional e internacional.

4.2. COMITES DE EVALUACION DE LABORATORIOS QUE CONFORMAN AL SINALP

- CONSTRUCCION
- ELECTRICA y ELECTRONICA
- METAL-MECANICA
- QUIMICA *
- TEXTIL Y DEL VESTIDO
- ALIMENTOS

* NOTA: Esta integrado por laboratorios químicos, farmaceuticos, ambientales y clínicos.

4.3. FUNCIONES DE LOS LABORATORIOS ACREDITADOS

Los laboratorios acreditados funcionan como grupos de apoyo y consulta en asuntos relacionados con el acreditamiento oficial.

5.-PROCESO DE ACREDITAMIENTO

El Laboratorio interesado en obtener el Certificado de Acreditamiento que otorga la Dirección General de Normas, de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, debe llevar a cabo el proceso de acreditamiento que consiste en:

Proporcionar la información que se requiere en las formas para la solicitud de Acreditamiento en original y dos copias e ingresarla por Oficialía de Partes de la Dirección General de Normas.

La evaluación del Laboratorio que se efectúa por evaluadores que son seleccionados de un grupo de especialistas en el tipo de trabajo que se realiza en el Laboratorio.

La Dirección General de Normas proporciona al Laboratorio el dictamen de acreditamiento, basándose en el informe de los evaluadores, mismo que es analizado y calificado en el seno del COMITE.

El laboratorio acreditado recibe visitas postacreditamiento, para garantizar la continuidad en el cumplimiento de los requisitos del SINALP, por medio de visitas ALEATORIAS O PERIODICAS.

5.1. SOLICITUD

La solicitud con que todo Laboratorio inicia el proceso de Acreditamiento, proporcionada por la Subdirección del SINALP, esta acompañada de un cuestionario que sirve de guía para que el Laboratorio suministre la información requerida

En la solicitud el laboratorio debe definir el alcance del Acreditamiento deseado y proporcionar todos los detalles que permitan conocer los recursos materiales y humanos, y en general, todos los asuntos relacionados con sus antecedentes

El laboratorio somete por Oficialía de Partes de la Dirección General de Normas en original y dos copias la solicitud de Acreditamiento, mismo que se distribuye como sigue:

---ORIGINAL PARA EL DEPARTAMENTO DEL SINALP
(SE QUEDA EN OFICIALIA DE PARTES PARA SER ENVIADO POR
CONDUCTO OFICIAL)

***-UNA COPIA AL COMITE (EL INTERESADO DE LA ENTREGAR
PERSONALMENTE ESTA COPIA AL COMITE - SINALP)

***-UNA COPIA AL SOLICITANTE (PARA ARCHIVO DEL LABORATORIO)

La información contenida en la solicitud será tratada confidencialmente y se usará exclusivamente para fines de acreditamiento.

Dicha solicitud se utiliza para:

***-REGISTRAR AL LABORATORIO

***-DETERMINAR LOS METODOS DE PRUEBA PARA EL ACREDITAMIENTO

***-CONTAR CON INFORMACION ACERCA DEL LABORATORIO Y SU
ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

***-REUNIR LA INFORMACION NECESARIA PARA PREPARAR UNA VISITA AL
LABORATORIO.

5.2. EVALUACION

El Certificado de Acreditamiento que la Dirección General de Normas concede, está supeditado al resultado de evaluación que el laboratorio obtenga después de la visita de los evaluadores.

La Dirección General de Normas envía al Comité copia de la solicitud de Acreditamiento del Laboratorio y la información contenida se analiza para conocer la naturaleza de las pruebas a evaluar, posteriormente el Comité selecciona, dentro de un grupo de especialistas, a los evaluadores que visitarán el laboratorio, la selección se hace después de considerar las relaciones industriales, comerciales y profesionales que existan entre los evaluadores y el personal del laboratorio solicitante.

El grupo de evaluadores cuenta con un representante, quien es designado como evaluador líder, quien en conjunto con un representante de la Dirección General de Normas coordinan la evaluación.

La evaluación concluye con la firma de una constancia por parte del evaluador líder el representante de la Dirección General de Normas y el representante legal del laboratorio.

5.3. ASESORIA

Una vez efectuada la evaluación el grupo evaluador en caso de encontrar algunas deficiencias asesorará al Laboratorio para que tome las medidas correctivas necesarias o efectúe las modificaciones requeridas para incrementar su eficiencia.

5.4. MEDIDAS CORRECTIVAS

Cuando el Laboratorio ha efectuado ya las acciones correctivas, lo debe notificar a la Dirección General de Normas a quien considerando la opinión del Comité de expertos decidirá si se requiere o no una nueva visita al laboratorio para verificar dichas correcciones.

5.5. DICTAMEN

Como resultado de la evaluación realizada se entrega al evaluador líder un informe de todos los evaluadores que participaron en la evaluación, el cual realizará un informe final y por escrito en donde mencionan todos los aspectos importantes que surgieron en la visita al laboratorio y en

forma particular sobre las deficiencias a las que se requiere prestar atención antes de que otorgue el ACREDITAMIENTO.

El informe de los evaluadores se entrega al Comité, donde es analizado y calificado de acuerdo a las formas correspondientes, para determinar si el laboratorio obtiene el Acreditamiento o la Negación del Acreditamiento, generándose el dictamen que se acompaña de las observaciones y recomendaciones que se le da al laboratorio del resultado logrado.

5.6. ACREDITAMIENTO PROPUESTO

Cuando proceda la acreditación el informe de la evaluación constituye el soporte para hacerlo. En este caso se otorga un Certificado de Acreditamiento al Laboratorio, que respalda oficialmente aquellas pruebas en que se ha demostrado ser técnicamente competente.

5.7. ACREDITAMIENTO DENEGADO

En caso que se determine no Acreditar al laboratorio se le notifica indicando las razones por las que se tomó esa decisión.

5.8. APELACION

Cuando se niega el Acreditamiento a un Laboratorio, éste tiene el recurso de apelación, solicitando la revisión en su caso exponiendo por escrito sus razones. Esto debe hacerse dentro de los treinta días siguientes a la fecha de recibida la notificación.

Si el trámite procede se reiniciará el proceso a partir de la evaluación, en caso contrario se da por terminado el proceso.

6. OBLIGACIONES DESPUES DEL ACREDITAMIENTO OFICIAL

Una vez que haya sido otorgado el Acreditamiento, el laboratorio debe comprometerse a cumplir con los requisitos que establece el SINALP, los cuales en términos generales serán los siguientes:

****MANTENER LOS PROCESOS DE OPERACION A UN NIVEL ACEPTABLE PARA EL SINALP**

****NOTIFICAR CUALQUIER CAMBIO DE SIGNATARIO, YA SEA POR FALLECIMIENTO, RENUNCIA, TRANSFERENCIA O CAMBIO DE ACTIVIDAD.**

****NOTIFICAR LOS CAMBIOS IMPORTANTES DEL LOCAL O EQUIPO**

****ADHERIRSE A LOS REQUISITOS QUE FIJA EL SINALP PARA LA MANIFESTACION DE SU ACREDITAMIENTO EN LOS INFORMES DE RESULTADOS DE PRUEBAS.**

****EL REPRESENTANTE AUTORIZADO DE UN LABORATORIO ES EL RESPONSABLE DE ASEGURAR QUE SE CUMPLAN LOS REQUISITOS ANTERIORES, QUIEN TENDRA QUE NOTIFICAR CUALQUIER CAMBIO DE ORGANIZACION QUE SE LLEVE A CABO.**

****EN CASO DE HABER UN CAMBIO DE REPRESENTANTE AUTORIZADO DEBE NOTIFICAR AL ORGANISMO RECTOR**

7. RENOVACION

La vigencia de la acreditación puede definirse en dos años, tiempo en el cual se verifica la continuidad en la competencia del laboratorio mediante la información generada por los resultados.

de las revisiones posteriores, así como las pruebas de intercomparación, las notificaciones recibidas sobre correcciones efectuadas, notificaciones, etc.

8. RETIRO VOLUNTARIO

Un Laboratorio puede decidir no renovar su acreditamiento o determinar en cualquier momento, el retiro voluntario del mismo.

En ambos casos esta determinación deberá ser notificada por escrito a la Dirección General de Normas y ser devuelto el Certificado de Acreditamiento.

9. CANCELACION

En los casos en que se detecten en un laboratorio violaciones a los términos del Sistema, su Acreditación puede ser revocada, sin embargo puede optar por el retiro voluntario, o apelar contra la cancelación.

Si el laboratorio recurre a la apelación deberá seguirse el mismo procedimiento descrito para la apelación contra el Acreditamiento Denegado.

Cuando la cancelación es definitiva, el laboratorio debe regresar su Certificado de Acreditamiento, dejar de emplear el emblema del Sistema en sus informes de resultados de pruebas y cualquier otro tipo de alusión al acreditamiento.

Cuando la suspensión del acreditamiento es temporal, el laboratorio deberá corregir las anomalías detectadas, causa de la suspensión, en un plazo no mayor de 90 días notificando a la Dirección General de Normas, de no hacerlo se le cancelará definitivamente de acreditamiento.

10. REVISIONES POSTERIORES A LA ACREDITACION

Para garantizar la continuidad en el cumplimiento de los requisitos, pueden establecerse dos tipos de evaluaciones a los laboratorios acreditados.

1.-ALEATORIAS, ya que ~~el~~ Sistema se reserva el derecho de revisar nuevamente a cualquier laboratorio en el momento que lo considere necesario.

2.-PERIODICAS, que se llevan a cabo a intervalos menores de 2 años. En estas revisiones puede seguirse el mismo procedimiento de la primera evaluación, solo que pueda requerirse menor tiempo pues existen antecedentes de la primera, que la hacen más sencilla.

11. USO DEL LOGOTIPO SINALP:

1.- Cuando un Laboratorio Acreditado desea manifestar su acreditamiento por medio de la papelería que emplea para sus informes de resultados, podrá usar el emblema del SINALP con la siguiente leyenda:

"Este Laboratorio ha sido Acreditado por el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas.

Las pruebas aquí reportadas se han ejecutado de acuerdo a los requisitos impuestos por el Sistema."

Los documentos que llevan este endoso deberán estar firmados por uno de los ~~signatarios~~ autorizados y deberán incluir la nota siguiente que controle su reproducción:

"Estos documentos solo pueden reproducirse en su totalidad y no parcialmente"

El endoso del SINALP deberá emplearse únicamente para las pruebas que han sido incluidas en el acreditamiento.

2.-El informe de resultados con el logotipo o endoso del SINALP puede incluir observaciones, las muestras y los procesos de prueba con el fin de aclarar o interpretar correctamente los resultados obtenidos. Sin embargo, no deberá presentar opiniones personales o indicaciones de interpretación.

3.-Los informes endosados deberán ser registrados con número de folio y fecha, y su copia deberá ser archivada por un periodo mínimo de 5 años.

Cuando un Laboratorio tiene la necesidad de expedir reportes preliminares y posteriormente reportes finales para una prueba, ambos podrán llevar el endoso del SINALP.

4 - Un Laboratorio Acreditado podrá incluir el endoso del SINALP en el membrete de su papelería y en general en sus publicaciones y anuncios comerciales, con fines de promoción pero ajustándose a las siguientes condiciones:

A).- LA PAPELERIA MEMBRETADA CON EL ENDOSO SINALP NO DEBERA EMPLEARSE PARA REPORTAR RESULTADOS DE PRUEBAS NO ACREDITADAS.

B).- CUANDO SE UTILICE LA PAPELERIA MEMBRETADA PARA REPORTAR RESULTADOS DE PRUEBAS ACREDITADAS SE DEBERA INCLUIR EL ENDOSO COMPLETO CON LA LEYENDA PRESENTADA EN EL INCISO

C).- EL ENDOSO DEL SINALP NO SIGNIFICA QUE LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS APRUEBA UN PRODUCTO O UN PROCESO.

12. VENTAJAS:

Al pertenecer al SINALP la industria se ve favorecida en los siguientes aspectos:

Debido a la similitud de sistemas, es más fácil pasar exitosamente las evaluaciones de empresas que requieran sistemas de ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

*. LAS AUTORIZACIONES O PERMISOS DE FABRICACION, VENTA Y USO DE PRODUCTOS, POR PARTE DE LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS SON MAS AGILES.

*. SE TIENE MAYOR CONFIABILIDAD EN LOS EQUIPOS DE PRUEBA, SUS CALIBRACIONES Y SUS RESULTADOS Y COMO CONSECUENCIA DE ESTO, SE PUEDE MEJORAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS.

*. SE FACILITA LA COMERCIALIZACION DE PRODUCTOS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL.

13. INFORMACION ADICIONAL:

La Dirección General de Normas, a través de su Subdirección del Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas, proporcionará información o explicación acerca de sus oficinas, artículos, estatutos o requisitos para registro.

NOTA IMPORTANTE: LOS GASTOS QUE SE DERIVEN EN LAS VISITAS DE EVALUACION, PREVIA, DEFINITIVA, ACCIONES CORRECTIVAS, SEGUIMIENTO, AMPLIACION, Y RENOVACION, TANTO DE TRANSPORTACION, HOSPEDAJE Y ALIMENTACION COMO LOS TAXIS DE SU DOMICILIO AL AEROPUERTO O TERMINAL DE TRANSPORTE Y VICEVERSA, SERAN CUBIERTAS POR EL LABORATORIO SOLICITANTE.

Para más información dirigirse a:

**DIRECCION GENERAL DE NORMAS
DIRECCION DE ACREDITAMIENTO
SUBDIRECCION DEL SINALP**

- DEPARTAMENTO DE ACREDITAMIENTO DE
LABORATORIOS DE PRUEBAS QUIMICAS Y DIVERSOS**
- DEPARTAMENTO DE ACREDITAMIENTO DE
LABORATORIOS DE PRUEBAS FISICAS Y AFINES.**

**AV. PUENTE DE TECAMACHALCO # 6 2do PISO
LOMAS DE TECAMACHALCO, SECCION FUENTES
NAUCALPAN DE JUAREZ, EDO. DE MEXICO
53950 MEXICO.**

**TEL: 91(5)729-93-00. EXT. 4166
FAX: 91(5)729-93-00. EXT. 4161**

**SISTEMA NACIONAL
DE
ACREDITAMIENTO
DE
LABORATORIOS
DE
PRUEBAS**



SOLICITUD PRELIMINAR

FECHA : _____

GIRO DEL LABORATORIO : _____

DATOS GENERALES

NOMBRE: _____
(NOMBRE COMPLETO DE LA EMPRESA)

UBICACION: _____
(DOMICILIO)

CODIGO POSTAL: _____

ESTADO: _____

TELEFONO: _____

FAX : _____

INFORMACION ESPECIFICA

PRUEBAS QUE DESEA ACREDITAR

NORMAS QUE UTILIZA

NOMBRE DEL SOLICITANTE

FIRMA

**SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
DIRECCION GENERAL DE NORMAS**

**SISTEMA NACIONAL DE ACREDITAMIENTO
DE LABORATORIOS DE PRUEBA
PROCESO DE ACREDITAMIENTO
DESCRIPCION**

- 1.- EL LABORATORIO INTERESADO EN OBTENER EL CERTIFICADO DE ACREDITAMIENTO QUE OTORGA LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS (D.G.N), MANIFIESTA SU INTERES. POR CUALQUIER MEDIO AL DEPARTAMENTO DEL SISTEMA NACIONAL DE ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS DE PRUEBAS (SINALP).
- 2.- EL DEPARTAMENTO DEL SINALP EFECTUA CONTACTO DIRECTO CON EL PERSONAL DEL LABORATORIO, A FIN DE INFORMAR SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA, EL PROCESO DE ACREDITAMIENTO Y LOS REQUISITOS CON LOS QUE DEBE CUMPLIR PARA LOGRAR SU ACREDITAMIENTO
- 3.- DICHA VISITA SE EFECTUARA DE CONFORMIDAD ENTRE LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS Y EL LABORATORIO, QUE FIJARAN DE COMUN ACUERDO, LA FECHA PARA LLEVARLA A CABO.

DURANTE LA VISITA SE ASesorARA AL LABORATORIO ACERCA DE TODOS LOS ASPECTOS RELACIONADOS SOBRE LOS REQUISITOS PARA EL ACREDITAMIENTO. ESTADIA VISITA ES EN SI ORIENTATIVA Y DE ASESORIA PARA DETERMINAR EL AMBIENTE Y CONDICIONES EN QUE SERA EFECTUADA LA EVALUACION Y ANALIZAR LAS POSIBILIDADES QUE TIENE EL LABORATORIO DE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS POR EL SISTEMA.

DE LA VISITA PREVIA SE DERIVA UN INFORME QUE SE ENVIA POR ESCRITO CON LAS OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS QUE EL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DEL SINALP REALIZO DURANTE LA MISMA.

CUANDO EXISTAN GASTOS ADICIONALES TALES COMO VIATICOS Y PASAJES DEBERAN SER CUBIERTOS EN SU TOTALIDAD POR EL LABORATORIO DE LA EMPRESA VISITADA.

- 4.- UNA VEZ QUE EL LABORATORIO CONSIDERA ESTAR PREPARADO PARA ACREDITARSE PRESENTA SU FORMATO DE SOLICITUD DE ACREDITAMIENTO DEBIDAMENTE REQUISITADA EN CARPETA TAMAÑO CARTA TIPO LEFORT E INGRESADA POR OFICIALIA DE PARTES.
- 5.- EL DEPARTAMENTO DEL SINALP RECIBE DICHA SOLICITUD, LA ANALIZA Y CONSTATA QUE CUENTA CON TODA LA INFORMACION DE LABORATORIO DE PRUEBAS CORRESPONDIENTE PARA QUE ESTE SELECCIONE A LOS EVALUADORES QUE VISITARAN EL LABORATORIO.
- 6.- SE FIJA LA FECHA CORRESPONDIENTE A LA VISITA DE EVALUACION, QUE LLEVARA A CABO LOS EVALUADORES SELECCIONADOS Y UN REPRESENTANTE DEL DEPARTAMENTO SINALP (DIRECCION GENERAL DE NORMAS)
- 7.- DURANTE LA EVALUACION SE ANALIZARAN LOS REQUISITOS TECNICOS ESTABLECIDOS POR EL SISTEMA Y SE HARAN LAS OBSERVACIONES CORRESPONDIENTES ASI COMO LAS SUGERENCIAS A QUE HAYA LUGAR.

AL FINALIZAR LA VISITA, LOS EVALUADORES HARAN UNA SINTESIS VERBAL DE SUS OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES AL LABORATORIO.
- 8.- LOS EVALUADORES PREPARARAN UN INFORME DE EVALUACION EN EL QUE INDICARAN CONDICIONES ACERCA DE LA OPERACION DEL LABORATORIO, DICHO INFORME SERA ENTREGADO AL COMITE.
- 9.- EL COMITE HACIENDO UN ANALISIS DE LAS CONDICIONES DEL LABORATORIO CON BASE EN EL INFORME, DETERMINARA:
 - A) SI SE CONCEDE UN PLAZO AL LABORATORIO PARA TOMAR LAS MEDIDAS CORRECTIVAS NECESARIAS.
 - B) SI SE RECOMIENDA O NO EL ACREDITAMIENTOEN AMBOS CASOS EL COMITE INFORMARA A LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS PARA QUE ESTA A SU VEZ NOTIFIQUE AL LABORATORIO.
- 10.- EN CASO EN QUE SE CONCEDA UN PLAZO PARA EFECTUAR CORRECCIONES, EL LABORATORIO DEBERA NOTIFICAR POR ESCRITO, DENTRO DEL

PLAZO QUE SE LE HAYA FIJADO AS MEDIDAS CORRECTIVAS TOMADAS PARA CORREGIR LAS DEFICIENCIAS:

ESTA NOTIFICACION DEBERA HACERLA A LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS POR ESCRITO A FIN DE QUE SE LE PREPARE UNA NUEVA VISITA PARA VERIFICAR LAS CORRECCIONES QUE HAYA EFECTUADO, DERIVANDOSE TAMBIEN DE ELLA UN INFORME QUE LOS EVALUADORES ASIGNADOS RENDIRAN AL COMITE.

LOS ESCRITOS SE INGRESARAN SIEMPRE POR OFICIALIA DE PARTES DE LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS EN ORIGINAL Y 2 COPIAS, MISMOS QUE SE DISTRIBUYEN COMO SIGUE:

ORIGINAL PARA EL DEPARTAMENTO DEL SINALP.

- UNA COPIA AL SOLICITANTE (PARA SU ARCHIVO).

UNA COPIA AL COMITE.

NOTA: TODA LA INFORMACION SERA TRATADA CONFIDENCIALMENTE Y SE USARA EXCLUSIVAMENTE PARA FINES DE ACREDITAMIENTO.

INFORMACION ADICIONAL

- 11. LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS, POR MEDIO DEL SINALP PROPORCIONA CUALQUIER INFORMACION REFERENTE AL SISTEMA, SU FUNCIONAMIENTO, REQUISITOS TECNICOS O FORMATOS DE REGISTRO, MEDIANTE ENTREVISTAS PERSONALES EN:**

**SISTEMA NACIONAL DE ACREDITAMIENTO
DE LABORATORIOS DE PRUEBAS
AV. PUENTE DE TECAMACHALCO No. 6, PISO 3
COL. LOMAS DE TECAMACHALCO, SECCION FUENTES
53950, NAUCALPAN DE JUAREZ, ESTADO DE MEXICO.**

TELEFONO DIRECTO Y FAX : 729 9488

**TEL. UNOS POR CONMUTADOR 729 9300
EXTS 4166, 4119 y 4120
FAX: 4161**

de prueba, fabricantes, comercializadores, constructores y técnicos especialistas).

En concordancia con la LFMN, cuenta con un Consejo Técnico (CT) como órgano de gobierno, mismo que está conformado por vocales representantes de todos los sectores participantes; tiene entre sus principales responsabilidades la de garantizar la total transparencia, así como la definición de los lineamientos y políticas.

Está compuesto por una Dirección Técnica con las Gerencias de Normalización, Verificación, Certificación y de Difusión y Promoción; así como con los correspondientes Comités Técnicos.

Servicios

- Asesoría, desarrollo, actualización y elaboración de anteproyectos de NOM.
- Revisión, opinión y armonización de normas.
- Consenso de anteproyectos de NOM.
- Publicación de proyectos de NOM para consulta en Boletín del ONNCCE.
- Emisión y publicación de NOM.
- Venta de NOM-ONNCCE.
- Evaluación de conformidad con normas.
- Evaluación de sistemas constructivos.
- Expedición de Certificados.
- Banco de información.
- Capacitación

Temas programados para 1994.

- Concreto, sus agregados y sus aditivos.

Tabiques, bloques, adoquines y mosaicos.

- Tubos de concreto.
- Cemento, técnicas y aditivos.
- Resistencia al fuego de materiales de construcción.
- Paneles industrializados.
- Puertas y ventanas.
- Juntas y bridas para inodoros.
- Pinturas e impermeabilizantes.
- Tinacos prelabricados.
- Tubería para conducción de agua potable y para alcantarillado.
- Viguetas y poyedillas.
- Tableros estructurales de madera.
- Protección y clasificación de madera.
- Válvulas y conexiones.
- Galería sanitaria de uso doméstico.
- Varillas, alambre y láminas para construcción.
- Soldadura estructural.
- Perfiles tubulares y laminados.

Participación en la normalización

Todo interesado puede participar en la elaboración de las NOM, enviando por escrito a la Dirección Técnica del ONNCCE las opiniones y observaciones pertinentes.

Información



Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación S. C.
Insurgentes Sur 1673, 5o. Piso, Cuauhtémoc, México D. F.
Tel. 561 10 20



**NORMALIZACION,
VERIFICACION Y
CERTIFICACION DE
MATERIALES, PRODUCTOS Y
SERVICIOS PARA LA
CONSTRUCCION Y
EDIFICACION**

**ONNCCE ORGANISMO NACIONAL DE
NORMALIZACION Y CERTIFICACION DE LA
CONSTRUCCION Y EDIFICACION, S. C.**

CANACEM	CANACINTRA
CANACERO	CNIC
IMCYC	COMACO
AMIC	ANFACAL
ANALISEC	ANIPPAC
AMFTC	CONIECO
FCARM	CNIAM
AMEXVAL	ANPRODLOC

Y CERTIFICACION DE LA CONSTRUCCION Y EDIFICACION

Presentación

Actualmente el entorno mundial en el que interactúa nuestro país se está modificando sustancialmente debido a la llamada "globalización de mercados", teniendo como ejemplos a la Comunidad Económica Europea, los países que conforman la Cuenca del Pacífico y la reciente apertura comercial de México con Canadá y los Estados Unidos, así como las perspectivas de liberación comercial con países, tanto latinoamericanos como europeos.

Ante este cambio, los fabricantes de bienes y servicios deben tomar una nueva actitud de producción y negocios, ya que las estrategias comerciales basadas exclusivamente en el precio o la supremacía del líder, aunque importantes, resultan insuficientes. Esa nueva actitud tiene como eje principal la búsqueda de una competitividad sostenible, mediante la mejora continua de sus productos y servicios, es decir, ubicar a la calidad no sólo como una arma estratégica, sino como condición indispensable para sobrevivir.

Panorama actual

México ha sentado las bases jurídicas para actualizar su sistema de normalización y certificación de bienes y servicios para poder competir en igualdad de condiciones a través de la Ley Federal de Metrología y

normalización (LFMN), misma que destaca el papel relevante asignado al sector privado.

En esta ley se contemplan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de carácter obligatorio, emitidas por las dependencias competentes y destinadas únicamente a la seguridad, salud, protección al medio y al consumidor y las Normas Mexicanas (NMX), o de referencia, cuya emisión queda a cargo del sector privado por conducto de los Organismos Nacionales de Normalización (ONN).

Respecto a la certificación de cumplimiento de las NOM y NMX, la LFMN permite que sea a través de los Organismos de Certificación (OC), auxiliados por los Laboratorios de Pruebas (LP) y por las Unidades de Verificación (UV), que al igual que los ONN están constituidos como personas morales y sujetos a la aprobación, acreditamiento y evaluación de las dependencias correspondientes.

En este contexto, los esfuerzos del sector privado por establecer sistemas de calidad para sus procesos, productos y servicios se incrementan paulatinamente, como la participación en cada vez más actividades de normalización. De la misma manera se incrementa la exigencia de los compradores para que los proveedores exhiban la certificación correspondiente.

Avances

Con objeto de que el sector de la construcción cuente con un ONN y con

coayuve a elevar la capacidad competitiva de los procesos y servicios de la industria, se constituyó en el mes de febrero de 1994, el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C. (ONNCCE).

Objetivos del ONNCCE

- ✓ Elaboración de NMX y su armonización con normas internacionales acordemente con las condiciones internas del país, enfocadas a mejorar los elementos, componentes, tecnologías, procesos y servicios de esta rama industrial.
- ✓ Certificación de NOM y NMX y consolidar el reconocimiento con organismos de evaluación y de certificación de otros países y con instituciones de seguros y de financiamiento.
- ✓ Difusión y promoción de una nueva cultura hacia la calidad total.
- ✓ Desarrollar y promover programas de investigación y capacitación.
- ✓ Orientar a la industria de la construcción para elevar su calidad e incrementar su productividad.

Participantes

Instituciones sociales y representantes de todos los sectores de la industria de la construcción (dependencias, investigadores, profesionistas, laboratorios

El Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas Comité de Construcción

INVITA a:

- ◆ Productores y consumidores de Materiales para la Construcción
- ◆ Prestadores de servicios de laboratorios,
- ◆ Autoridades oficiales competentes,
- ◆ Instituciones educativas y de investigación competentes
- ◆ Evaluadores y representantes de los laboratorios acreditados, y
- ◆ Usuarios en general de estos servicios

A participar en las reuniones de la sección de concreto, sección cemento y sección geotecnia, en el quinto piso del edificio de la CANACINTRA (Patriotismo y San Antonio), el segundo martes, segundo viernes y último miércoles de cada mes respectivamente.

Dir. General: Av. Apasco 91 141 1012
 Dir. Sección Materiales y Equipos: Av. 1111 P. México 91
 Dir. Sección Materiales: P. 1111 P. 1111

LABORATORIOS ACREDITADOS

En Cemento

- ✓ CEMENTOS APASCO, S.A. DE C.V.
(Planta Tecoman) 91 (332) 41811

En Concreto

- ✓ INSPECTEC, S.A.
91 (5) 5366824
- ✓ Tecnología e Investigación de Pavimentos, S.A. de C.V.
91 (22) 458154
- ✓ IJAC, S.A.
91 (5) 5433800
- ✓ Laboratorio Nacional de la Construcción, S.A. de C.V.
91 (5) 5988182
- ✓ Laboratorio de Análisis y Control
91 (17) 142062
- ✓ Cominde prestaciones y servicios, S.A. de C.V.
91 (5) 6582433
- ✓ Laboratorio de Ingeniería Experimental, S.A. de C.V.
91 (5) 2077077
- ✓ Laboratorio de Control, S.A.
91 (5) 5307068
- ✓ I.E.C.C.S.A. Laboratorios, S.A. de C.V.
91 (5) 2727123
- ✓ Laboratorio de Alto Nivel
91 (5) 5536200
- ✓ Concretos Apasco, S.A. de C.V.
(Planta Monterrey) 91 (8) 3183255
- ✓ Concretos Monterrey, S.A.
(Planta Monterrey) 91 (8) 3310022
- ✓ Concretos Procesados, S.A.
91 (8) 3552050
- ✓ Concretos Metropolitanos, S.A.
91 (5) 7318359
- ✓ Impulsora Tlaxcalteca de Industrias, S.A. de C.V.
91 (22) 810255

En Agregados y Concreto

- ✓ Cementos Apasco del Norte, S.A. de C.V.
(Planta Saltillo) 91 (84) 113312

En Agregados, Concreto y Prefabricados

- ✓ Instituto Mexicano de Investigación del Concreto, A.C.

Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas

**Comité de la Industria
de la Construcción**



"LABORATORIO DE PRUEBAS
UN COMPROMISO HACIA LA
COMPETITIVIDAD NACIONAL
E INTERNACIONAL"

Decreto que establece el Sistema Nacional de Acreditación de Laboratorios de pruebas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de Abril de 1980

Reglas de operación del Sistema Nacional de Acreditación de Laboratorios de pruebas publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 6 de Octubre de 1980

Ley Federal de Metrología y Normalización publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de Julio de 1992

OBJETIVOS

El SINALP es un Organismo de naturaleza mixta (Oficial y Privada) que tiene los siguientes propósitos:

- Agilizar las transacciones comerciales a nivel internacional eliminando barreras no arancelarias
- Optimizar los recursos existentes.
- Estimular el desarrollo industrial del país mediante el reconocimiento y aceptación de resultados de pruebas obtenidas en laboratorios confiables. Capaces de proporcionar la infraestructura necesaria para uso de quienes deseen mejorar y demostrar los niveles de calidad alcanzada en productos producidos.
- Unificar criterios y sistemas de operación de los diversos laboratorios de la Industria Nacional

La Estructura Funcional del SINALP la conforman:

- La Dirección General de Normas de la SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial), como unidad rectora y dependencia del gobierno que otorgará el acreditamiento
- Dependencias del gobierno (SEDESOL, S.C.T., Secretaría del Trabajo, Secretaría de Salud, etc.), las cuales otorgarán la aprobación de laboratorios en sus mismas.
- Los comités de evaluación, como unidad evaluadora y de apoyo a las dependencias gubernamentales.
- Los laboratorios acreditados como miembros activos

CONSTITUCION DEL COMITE DE CONSTRUCCION

El comité esta constituido por la Representación equilibrada de los siguientes sectores:

- Productores y Consumidores de Materiales para la Construcción
- Investigadores de servicios de laboratorios
- Institución Educativas y de Investigación competentes
- Autoridades oficiales competentes
- Evaluadores de laboratorios de pruebas
- Usuarios en general de estos servicios

COMITES DE EVALUACION

- ✓ Construcción
- ✓ Electricidad y Eñ
- ✓ Metal Mecánica
- ✓ Química (Medio ambiente)
- ✓ Textil y del vestido
- ✓ Alimentos

SECCIONES DEL COMITE DE CONSTRUCCION

- Concreto
- Cemento
- Geotecnia

NORMATIVIDAD

Actualmente en México en las Normas sobre Acreditamiento de Laboratorios de Prueba; publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 25 de Junio de 1992 se establece el Marco Técnico que debe aplicarse sobre la materia son las siguientes:

- ✓ NMX CC-13-1992 Criterios Generales para la operación de laboratorios de pruebas
- ✓ NMX CC-14-1992 Criterios Generales para la evaluación de laboratorios de pruebas
- ✓ NMX CC-15-1992 Criterios Generales relativos a los Organismos de Acreditamiento de Laboratorios



**SECRETARIA DE COMERCIO
Y
FOMENTO INDUSTRIAL**

NORMA OFICIAL MEXICANA

NOM-CC-13-1992

**"CRITERIOS GENERALES PARA LA OPERACION
DE LOS LABORATORIOS DE PRUEBAS"**

**"GENERAL CRITERIA FOR THE OPERATION OF
TESTING LABORATORIES"**

DIRECCION GENERAL DE NORMAS


SECRETARÍA DE ECONOMÍA

P R E P A C I O

En la elaboración de la presente Norma Oficial Mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- ACEROS CAMESA, S.A. DE C.V.
- ALCATEL - INDETEL
- ASOCIACION MEXICANA DE CALIDAD, S.A.
- BUREAU VERITAS MEXICANA, S.A DE C.V.
- CALES BRETT DE MEXICO, S.A DE C.V.
- CAMARA NACIONAL DE MANUFACTURAS ELECTRICAS
- COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE BEBIDAS ALCOHOLICAS
- COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE SISTEMAS DE CALIDAD
- COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
- CONSULTORIA E INTEGRACION DE PROYECTOS
- GRUPO CALINTER, S.A.
- HULES MEXICANOS, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS CONELEC
- INDUSTRIAS NACOBRE
- INDUSTRIAS RESISTOL, S.A.
- INSTITUTO MEXICANO DE CONTROL DE CALIDAD, A.C.
- INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTI CIONES NUCLEARES
- INSTITUTO NACIONAL DE PESCA
- INSTITUTO NACIONAL DE TUBERI PLASTICAS
- MICROS Y SISTEMAS PROFESIONALES, S.A.



CDU: 658.502

GENERAL CRITERIA FOR THE OPERATION OF TESTING LABORATORIES

0 INTRODUCCION

Esta Norma Oficial Mexicana ha sido elaborada con el fin de establecer los criterios generales que promuevan la confianza en aquellos laboratorios de pruebas, cuyo funcionamiento se ajuste a las disposiciones que aqui se indican.

Siempre que se haga referencia al Organismo de Acreditamiento, deberá tenerse en cuenta que se refiere al "Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas" (SINALP).

Para definir dichos criterios, se han examinado diferentes documentos tanto nacionales como internacionales.

Esta norma se basa principalmente en las siguientes guías ISO/CEI:

ISO/CEI 2 "Términos generales y sus definiciones referentes a la normalización y actividades conexas".

ISO/CEI 25 "Prescripciones generales referentes a la competencia técnica de laboratorios de pruebas".

ISO/CEI 38 "Prescripciones generales para la aceptación de laboratorios de pruebas".


ISO/CEI 43 "Desarrollo e implantación de pruebas de aptitud de laboratorios".

ISO/CEI 45 "Directrices para la presentación de resultados de pruebas".

ISO/CEI 49 "Directrices para el establecimiento de un manual de calidad para laboratorios de pruebas".

Proyecto de Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Economía

13 de febrero de 1998



SECOF NOM-CC-13-1992
NALCOMEX, S.A. DE C.V.

- PETROLEOS MEXICANOS
- QUALITEC INTERNACIONAL, S.A. DE C.V.
- SANSET UNIFORMES, S.A.
- SCHRADER MEXICANA, S.A.
- SIDERURGICA LAZARO CARDENAS LAS TRUCHAS, S.A.
- SISTEMA NACIONAL DE ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS DE PRUEBA
- SQUARE D' COMPANYY DE MEXICO, S.A. DE C.V.

1.2 El conjunto de criterios que se presenta en esta norma puede suplementarse cuando se aplique a un sector en particular.

2 REFERENCIAS

NOM-CC-1 "Sistemas de Calidad. Vocabulario".

NOM-CC-14 "Criterios Generales para la Evaluación de Laboratorios de Pruebas".

NOM-CC-15 "Criterios Generales Referentes a los Organismos de Acreditamiento de Laboratorios".

NOM-Z-109 "Términos Generales y sus Definiciones Referentes a la Normalización y Actividades Conexas".

3 DEFINICIONES

En el marco de la presente norma, son aplicables las siguientes definiciones que están contenidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-Z-109 "Términos Generales y sus Definiciones Referentes a la Normalización y Actividades Conexas".

3.1 Prueba:

Operación técnica que consiste en la determinación de una o varias características de un producto, proceso o servicio dado, de acuerdo con un procedimiento especificado.

3.2 Método de prueba:

Procedimiento técnico especificado para la realización de una prueba.

y en los trabajos de la ILAC (Conferencia Internacional sobre la Acreditación de los Laboratorios de Pruebas). En algunos casos, estos textos han requerido modificaciones o aclaraciones para adaptarlos a las necesidades nacionales. Sin embargo, estas modificaciones o adaptaciones han tenido lugar en casos excepcionales.

Se recomienda que los laboratorios sigan los criterios definidos en la presente norma, que el SINALP los utilice al acreditar a los laboratorios y los poderes públicos se refieran a ésta al designar laboratorios para fines reglamentarios así como los organismos que realicen evaluaciones de laboratorios.

Estos criterios han sido redactados, fundamentalmente para que sean considerados como criterios generales que cubran todos los campos de prueba. Esto implica que el conjunto de criterios pueda ser ampliado cuando hagan uso de ellos determinados sectores industriales u otros sectores (por ejemplo sanidad y seguridad).

La presente norma forma parte de la serie de Normas Oficiales Mexicanas referentes a las pruebas, la certificación y el acreditamiento.

Esta norma establece los criterios generales que debe cumplir aquel laboratorio de pruebas para obtener su acreditamiento ante el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas (SINALP).

Nota: La presente introducción no forma parte integrante de las normas.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

- 1.1 Esta Norma Oficial Mexicana establece los criterios generales para determinar la competencia técnica de los laboratorios de pruebas, independientemente del sector involucrado.

Se ha previsto que esta norma sea utilizada por los laboratorios de pruebas y por el SINALP, así como por otros organismos relacionados con el reconocimiento de la competencia técnica de los laboratorios de pruebas.

3.9 Organismo de acreditamiento (de laboratorios):

Organismo que dirige y administra un sistema de acreditamiento de laboratorios y que otorga el acreditamiento.

3.10 Laboratorio acreditado:

Laboratorio de pruebas al que se ha otorgado el acreditamiento.

3.11 Criterios para el acreditamiento (de un laboratorio):

Conjunto de requisitos, establecidos por un organismo de acreditamiento, que debe cumplir un laboratorio de pruebas con el fin de ser acreditado.

3.12 Evaluación de un laboratorio:

Examen de un laboratorio de pruebas para evaluar su conformidad con los criterios para el acreditamiento de un laboratorio determinado.

3.13 Evaluador de laboratorios:

Persona que realiza, total o parcialmente, las operaciones necesarias para la evaluación de un laboratorio.

3.14 Representante autorizado:

Persona nombrada por un laboratorio, para representarlo en todos los asuntos relacionados con el acreditamiento y es en estos términos el enlace entre el laboratorio y el organismo de acreditamiento.

3.3 Informe de pruebas:

Documento que presenta los resultados obtenidos de las pruebas realizadas y otra información relevante de las mismas.

3.4 Laboratorio de pruebas:

Aquella instalación que opera en una localidad específicamente determinada y dispone del equipo necesario y personal calificado para efectuar las mediciones, análisis y pruebas, calibraciones o determinaciones de las características o funcionamiento de materiales, productos o equipos.

3.5 Pruebas interlaboratorios:

Organización, ejecución y evaluación de pruebas sobre elementos o materiales, idénticos o similares, por dos o más laboratorios de acuerdo con unas condiciones predeterminadas.

3.6 Prueba de aptitud:

Evaluación del funcionamiento de un laboratorio de pruebas por medio de pruebas interlaboratorios.

3.7 Acreditamiento (de un laboratorio):

Reconocimiento formal de la aptitud de un laboratorio de pruebas para realizar una prueba o un conjunto de pruebas determinadas.

3.8 Sistema de acreditamiento (de laboratorios):

Sistema que tiene sus propias reglas de procedimiento y de gestión para llevar a cabo el acreditamiento de laboratorios.

6 COMPETENCIA TÉCNICA

SECRETARÍA DE GOBIERNO

6.1 Gestión y organización.

El laboratorio de pruebas debe:

- a) Contar con una estructura organizacional que le permita mantener la capacidad de ejecutar satisfactoriamente las funciones técnicas para las cuales se le concede el acreditamiento.**
- b) Estar organizado de tal manera que cada persona esté enterada, tanto de la extensión como de las limitaciones de su área de responsabilidad.**
- c) Contar con un Representante Autorizado.**
- d) Contar con uno o más Signatarios Autorizados quienes serán responsables de todas las operaciones técnicas del laboratorio.**

Nota: En laboratorios cuya estructura organizacional lo permita, estos cargos podrán ser desempeñados por una sola persona.

La organización debe asegurar una supervisión adecuada con personal familiarizado con los procedimientos operativos y técnicos, con los objetivos establecidos por el propio laboratorio y con la evaluación de los resultados de las pruebas.

La organización y distribución de las responsabilidades debe encontrarse en un documento debidamente actualizado y oficializado.

6.2 Personal.

El personal debe tener la preparación o capacitación necesaria, adiestramiento, conocimientos técnicos y experiencia para desempeñar satisfactoriamente sus funciones asignadas.

3.15 Signatario autorizado:

Persona responsable del área de pruebas propuesta por laboratorio y autorizada por el Organismo de Acreditamiento para firmar y endosar los informes de pruebas producidos por el laboratorio acreditado.

4 IDENTIDAD LEGAL

El laboratorio tendrá una personalidad jurídica identificable.

5 IMPARCIALIDAD, INDEPENDENCIA E INTEGRIDAD

El laboratorio de pruebas y su personal deben estar libres de presión comercial, financiera o de cualquier otro tipo que pueda influenciar su juicio técnico.

Debe evitarse cualquier influencia de personas u organizaciones ajenas al laboratorio de pruebas, sobre los resultados de los exámenes y de las pruebas.

El laboratorio de pruebas debe evitar comprometerse en cualquier actividad que pueda poner en peligro su integridad e independencia de juicio en lo que se refiere a sus actividades de pruebas.

La remuneración del personal encargado de realizar las pruebas debe ser independiente del número de pruebas realizadas y de sus resultados.

Cuando se prueben productos por organismos que han participado en su diseño, su producción o su venta (por ejemplo fabricantes), deben tomarse las disposiciones necesarias para que exista una clara separación de las distintas responsabilidades y hacer una declaración apropiada.

El personal debe estar sujeto a programas continuos de capacitación y entrenamiento con evaluaciones periódicas y conservar las constancias respectivas. Dichos programas pueden ser cubiertos por el laboratorio con instructores internos y/o externos.

El personal de nuevo ingreso debe ser adiestrado para el desempeño de sus funciones y debe ejecutar pruebas bajo supervisión, hasta ser aprobada su aptitud.

Los signatarios autorizados así como el personal de mando de las áreas en que se solicita el acreditamiento, deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Tener capacidad reconocida en el área correspondiente.
- Tener experiencia mínima comprobable de tres años en el área de laboratorio de pruebas de la rama específica.
- En casos especiales, esta experiencia mínima podrá ser diferente a la establecida y será determinada por el SINALP.
- Tener conocimiento sobre el manejo e interpretación de las normas, métodos y equipos de prueba.
- Contar con personal competente que sustituya al signatario autorizado, así como al personal operativo durante sus ausencias.
- El laboratorio debe mantener actualizadas las informaciones relativas a la calificación, formación y experiencia de su personal técnico.

6.3 Locales y equipos.

6.3.1 Disponibilidad.

El laboratorio debe estar provisto de todos los equipos necesarios para la ejecución correcta de las pruebas y mediciones para las cuales se ha declarado competente.

SECOFI - DGN

Quando excepcionalmente el laboratorio se encuentre obligado a utilizar un equipo ajeno, debe asegurarse de su capacidad y trazabilidad.

6.3.2 Locales y condiciones ambientales.

Las condiciones ambientales en que se llevan a cabo las pruebas no deben invalidar los resultados de éstas sin comprometer la exactitud requerida de las mediciones, especialmente cuando las pruebas se efectúan en lugares distintos a los locales permanentes del laboratorio. Los locales en que se ejecutan las pruebas deben estar protegidos según se requiera, contra las condiciones extremas, tales como excesos de calor, polvo, humedad, vapor, ruido, vibraciones y perturbaciones o interferencias electromagnéticas, y deben ser objeto de un mantenimiento apropiado. Los locales deben ser lo suficientemente espaciosos para limitar los riesgos de daño o de peligro y para permitir a los operarios facilidad y precisión en sus movimientos. Los locales deben disponer de los equipos y de las fuentes de energía necesarios para las pruebas. Cuando así lo indiquen los métodos de prueba, los locales deben estar equipados con dispositivos de control de las condiciones ambientales.

El acceso a las áreas de pruebas y su utilización deben controlarse de manera adecuada a los fines previstos y establecerse condiciones para la entrada de personas ajenas al laboratorio.

Deben tomarse las medidas adecuadas para asegurar el buen mantenimiento y conservación del laboratorio de pruebas.

Las instalaciones deben contar con los elementos adecuados que garanticen la seguridad del personal y protección del medio ambiente.

6.3.3 Equipos

Todos los equipos deben mantenerse adecuadamente y estar disponibles los detalles sobre los procedimientos de mantenimiento.

SECRETARÍA DE ENERGÍA

13-001-DGN

El programa global de calibración de los equipos debe concebirse y aplicarse de forma que, cuando sea aplicable, pueda asegurarse la trazabilidad de las medidas efectuadas por el laboratorio en relación con patrones nacionales o internacionales disponibles. Cuando no sea aplicable la trazabilidad en relación con patrones nacionales o internacionales, el laboratorio de pruebas debe poner de manifiesto satisfactoriamente la correlación o la exactitud de los resultados de pruebas (por ejemplo mediante su participación en una comparación de pruebas interlaboratorios).

Los patrones de referencia a cargo del laboratorio sólo se utilizarán para la calibración, excluyéndose cualquier otro uso.

Los patrones de referencia serán calibrados por un organismo competente capaz de asegurar la trazabilidad con referencia a un patrón nacional o internacional.

Cuando proceda, el equipo de prueba debe someterse a verificaciones en servicio, entre las calibraciones periódicas.

Los materiales de referencia deben referirse a patrones nacionales o internacionales.

6.4 Procedimientos de trabajo.

6.4.1 Métodos de prueba y procedimientos.

El laboratorio de pruebas debe disponer de las instrucciones escritas adecuadas sobre la utilización y el funcionamiento de todos los equipos pertinentes, sobre la preparación y manipulación de los objetos sometidos a prueba (cuando sea necesario) y sobre las técnicas de prueba normalizadas, cuando la ausencia de estas instrucciones pudiera comprometer la eficacia del proceso de prueba. Todas las instrucciones, normas, manuales y datos de referencia útiles para el trabajo del laboratorio deben mantenerse actualizadas y estar disponibles en el momento y lugar en que el personal las requiera.

SECCFI-DGN

Cualquier equipo que haya sufrido una sobrecarga, haya sido objeto de un uso inadecuado, proporcione resultados dudosos, resulte defectuoso al realizar su calibración por cualquier otro medio, debe ser puesto fuera de servicio, etiquetado claramente con esta circunstancia y almacenado en un lugar especificado, hasta que haya sido reparado y reconocido como apto mediante prueba o calibración, para realizar su función de manera satisfactoria.

El laboratorio debe examinar los efectos de este defecto sobre las pruebas precedentes.

Debe llevarse y tener siempre actualizado, un registro por cada uno de los equipos de medición y pruebas. Este registro debe comprender los datos siguientes:

- a) El nombre del equipo.
- b) El nombre del fabricante, la identificación del tipo y el número de serie.
- c) La fecha de recepción y la fecha de puesta en servicio.
- d) El emplazamiento habitual, si es el caso.
- e) Su estado cuando fue incorporado (por ejemplo nuevo, usado, reacondicionado).
- f) Detalles sobre el mantenimiento realizado.
- g) Historial de cualquier daño, mal funcionamiento, modificación o reparación.

Los equipos de medición y prueba que requieran ser utilizados en el laboratorio, deben calibrarse antes de su puesta en servicio y posteriormente, cuando sea necesario de acuerdo con el programa de calibración definido.

El laboratorio de pruebas debe emplear los métodos y procedimientos prescritos por la especificación técnica de acuerdo con la cual se prueba el producto. Esta especificación técnica tendrá que estar a disposición del personal que ejecuta las pruebas.

El laboratorio debe rechazar las solicitudes para realizar pruebas según métodos que puedan comprometer la objetividad del resultado o que tengan una validez dudosa.

Cuando sea necesario utilizar métodos y procedimientos no normalizados, estos deberán estar completamente descritos en documentos.

Todo cálculo o transferencia de datos deberá controlarse adecuadamente.

Si los resultados se obtienen por técnicas informáticas de procesamiento de datos, el sistema debe tener fiabilidad y estabilidad apropiadas para que la exactitud de los resultados no quede comprometida. El sistema debe tener la capacidad de detectar fallas eventuales durante la ejecución del programa y tomar las medidas adecuadas.

6.4.2 Sistema de calidad.

El laboratorio debe tener implantado un sistema de calidad apropiado al tipo, alcance y volumen de sus actividades. Los elementos de este sistema deben estar descritos en un manual de calidad que estará a disposición del personal del laboratorio. El manual de calidad debe mantenerse al día por un miembro responsable del laboratorio nombrado para ello.

Para el aseguramiento de calidad en el laboratorio deben asignarse por la dirección del laboratorio uno o varios responsables que tengan acceso directo al más alto nivel de la dirección.

El manual de calidad debe contener como mínimo:

- a) Una declaración que exprese la política de calidad.
- b) La estructura del laboratorio (organigrama).

COPI-DGN

- c) Las actividades funcionales y operacionales relativas a la calidad de manera que cada persona afectada conozca extensión y límites de su responsabilidad.
- d) Los procedimientos generales de aseguramiento de calidad.
- e) En su caso, una referencia a los procedimientos de aseguramiento de calidad específicos de cada prueba.
- f) Cuando sea necesario, una referencia a las pruebas de aptitud, la utilización de materiales de referencia, etc.
- g) Las disposiciones adecuadas relativas a información de retorno y a las acciones correctivas cuando se detecten anomalías en el curso de las pruebas.
- h) Un procedimiento para el tratamiento de las reclamaciones.

El sistema de calidad debe revisarse sistemática y periódicamente por la dirección o en su nombre, con el fin de asegurar su eficacia permanente y, en su caso, iniciar las acciones correctivas necesarias.

Estas revisiones deben quedar registradas, así como los detalles de cualquier medida correctiva que se haya tomado.

6.4.3 Cada trabajo realizado por el laboratorio debe ser objeto de un informe que presente de una forma exacta, clara y sin ambigüedades los resultados de las pruebas y cualquier otra información útil.

Cada informe de pruebas debe contener al menos, la siguiente información:

- a) Nombre y dirección del laboratorio, así como el lugar de realización de las pruebas cuando sea diferente de la dirección del laboratorio.
- b) Identificación única del informe (por ejemplo, mediante un número de serie) y de cada una de sus páginas, así como el número total de páginas.



- c) Nombre y dirección del cliente.
SECOFI-DGN
- d) Descripción e identificación de los objetos sujetos a prueba.
- e) Fecha de recepción de la muestra y la fecha o fechas de realización de las pruebas.
- f) Identificación de la especificación de la prueba o descripción del método o procedimiento incluyendo el equipo utilizado.
- g) Descripción del procedimiento de muestreo, cuando proceda.
- h) Cualquier desviación, adición o exclusión de la especificación de prueba y cualquier otra información relativa a una prueba específica.
- i) Identificación de cualquier método o procedimiento de prueba no normalizado que se haya utilizado.
- j) Mediciones, exámenes y resultados derivados apoyados cuando proceda con tablas, gráficas, dibujos y fotografías, así como los posibles fallos detectados.
-30
- k) Indicación de la incertidumbre de las mediciones en su caso.
30
- l) Firma y cargo del signatario autorizado y la fecha de emisión del mismo.
- m) Declaración de que el informe de pruebas sólo afectará al (los) objeto(s) sometido(s) a prueba.
- n) Indicación de que el informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.

Debe prestarse especial atención y cuidado a la estructura del informe de pruebas, especialmente en lo que se refiere a la presentación de los datos y resultados de las pruebas y a la facilidad de comprensión por las personas que lo lean. Los impresos se diseñarán cuidadosamente y específicamente para cada tipo de prueba, normalizando, en la medida de lo posible, las cabeceras del documento.

SECRET - PGIN

Las correcciones o adiciones a un informe de prueba emitido deberán realizarse únicamente por medio de otro documento titulado de manera adecuada por ejemplo "Modificaciones/suplemento al informe de pruebas número de serie. (o como estuviera identificado)" el cual deberá ajustarse a las disposiciones correspondientes de los apartados anteriores.

Un informe de pruebas no debe contener ningún consejo o recomendación derivado de los resultados de las pruebas.

Los resultados de las pruebas deben presentarse con precisión, claridad, íntegramente y sin ambigüedades, de conformidad con las prescripciones que puedan formar parte de los métodos de pruebas.


Los resultados cuantitativos deberán presentarse con sus incertidumbres calculadas o estimadas.

Los resultados de las pruebas obtenidas de elementos que han sido seleccionados mediante un muestreo estadístico de un lote o una producción, se utilizan frecuentemente para inferir las propiedades de este lote o de esta producción. Cualquier extrapolación realizada sobre la base de los resultados de las pruebas a las propiedades de un lote o de una producción deberá ser objeto de un documento separado.

Nota: Los resultados de las pruebas pueden consistir en mediciones, conclusiones obtenidas mediante exámenes visuales o de la utilización práctica del objeto presentado a prueba, resultados derivados o cualquier otro tipo de observación que se desprenda de la actividad de prueba. Los resultados de las pruebas pueden ser apoyados con tablas, fotografías o cualquier otra información gráfica identificada de forma conveniente.

6.4.4 Registros.

El laboratorio debe disponer de un sistema de registros que responda a sus características particulares y que este de acuerdo con las posibles disposiciones legales y reglamentarias en vigor. Deben conservarse todas las observaciones iniciales, cálculos, resultados derivados de éstos, registros de calibración y los informes finales de las pruebas, durante un periodo apropiado. Los registros de cada prueba contendrán la información suficiente para permitir la repetición de la misma. Los registros deben incluir la identificación del personal encargado del muestreo de la preparación y de las pruebas.



Todos los registros e informes de pruebas deben conservarse en lugar seguro y tratarse de forma confidencial con el fin de salvaguardar los intereses del cliente, a menos que la ley disponga otra cosa.

6.4.5 Manejo de muestra u objetos presentados a pruebas.

Debe aplicarse un sistema para identificar las muestras o los objetos que deban probarse, mediante los documentos apropiados o por marcado, de manera que no pueda haber confusión alguna sobre la identidad de la muestra ni sobre los resultados de las mediciones realizadas.

Debe existir un procedimiento cuando sea necesario un almacenamiento específico de muestras o de objetos.

El sistema comprenderá disposiciones que garanticen que las muestras o los objetos puedan manejarse de forma anónima, por ejemplo frente a otros clientes.

En todas las fases de almacenamiento, manipulación y preparación para la ejecución de las pruebas deben adoptarse precauciones para evitar cualquier deterioro de las muestras o de los objetos a probar, por ejemplo por contaminación, corrosión o aplicación de esfuerzos que pudieran invalidar los resultados. Debe respetarse cualquier instrucción proporcionada con la muestra u objeto relativa al mismo.

Debe disponerse de reglas claras para la recepción, la conservación y disposición de las muestras.

6.4.6 Confidencialidad y seguridad.

El personal del laboratorio deberá guardar secreto profesional sobre toda la información obtenida en el desempeño de sus tareas.

El laboratorio deberá respetar los términos y las condiciones requeridas por el usuario de sus servicios para asegurar la confidencialidad y la seguridad de sus prácticas.

Los laboratorios deberán normalmente realizar por sí mismos las pruebas cuya ejecución contraten. Cuando excepcionalmente un laboratorio subcontrate alguna parte de las pruebas, este trabajo deberá confiarse a otro laboratorio de pruebas que cumpla las prescripciones de esta norma. El laboratorio de pruebas debe asegurarse y debe ser capaz de demostrar que su subcontratista está capacitado para realizar los servicios requeridos, cumpliendo los mismos criterios de competencia en lo que se refiere a los servicios subcontratados. El laboratorio de pruebas deberá dar cuenta a su cliente de su intención de confiar una parte de las pruebas a otro laboratorio.

El subcontratista debe ser aceptado por el cliente.

El laboratorio de pruebas deberá registrar y conservar los detalles reunidos al realizar su investigación sobre la competencia y adecuación de los subcontratistas, así como mantener un registro de todas sus subcontrataciones.

7 COOPERACION

7.1 Cooperación con los clientes.

El laboratorio de pruebas ofrecerá una cooperación al cliente o a su representante, para que éste pueda definir correctamente su pedido y pueda controlar el buen desarrollo de los trabajos a realizar por aquél. Esta cooperación se refiere principalmente a:

- a) Permitir el acceso del cliente, o de su representante, a los sectores del laboratorio de pruebas en los que se ejecutan pruebas, para presenciárselas. Se entiende que tal acceso no debe perturbar, en ningún caso el buen desarrollo de las pruebas, ni la aplicación de las reglas de la confidencialidad relativa a los trabajos realizados para otros clientes. ni perjudicar la seguridad.
- b) La preparación, embalaje y expedición de muestras o elementos de pruebas que necesite el cliente para su verificación.

SECRET. DGN

El laboratorio de pruebas debe disponer de un procedimiento específico para el tratamiento de las reclamaciones. Este procedimiento debe estar por escrito y debe estar disponible para cuando se solicite.

7.2 Cooperación con el SINALP.

El laboratorio de pruebas ofrecerá una cooperación razonable al organismo de acreditación y a sus representantes en la medida en que sea necesaria para permitir un control del cumplimiento de las prescripciones de este documento y de otros criterios complementarios. Esta cooperación comprenderá:

- a) El acceso del representante a los sectores apropiados del laboratorio de pruebas para presencia en las pruebas.
- b) Cualquier comprobación razonable que permita al SINALP verificar la capacidad del laboratorio para realizar las pruebas.
- c) La preparación, el embalaje y la expedición de las muestras o elementos de pruebas que para la verificación necesite el SINALP.
- d) La participación en cualquier programa apropiado de pruebas de aptitud o de comparación que pudiera razonablemente juzgar como necesario el SINALP.
- e) La autorización al SINALP para examinar los resultados de sus auditorías internas o de las pruebas de aptitud.

7.3 Cooperación con otros laboratorios y con los organismos de normalización o reglamentación.

Se anima a los laboratorios de prueba a participar, cuando sea apropiado, en la elaboración de las normas nacionales o internacionales en el campo de las pruebas.

ECCOM-DGN

Se anima a los laboratorios de prueba a tomar parte cuando sea apropiado, en el intercambio de información con otros laboratorios que desarrollen actividades de prueba en el mismo campo técnico con el objeto de disponer de procedimientos de pruebas uniformes y mejorar, cuando sea necesario, la calidad de las pruebas.

Con el fin de mantener la precisión requerida, cuando sea apropiado, debe organizarse regularmente una comparación de los resultados de las pruebas mediante pruebas de aptitud.

8 OBLIGACIONES RESULTANTES DE LA ACREDITACION

Un laboratorio de pruebas acreditado debe:

- a) Cumplir, en todo momento, las prescripciones de esta norma y otros criterios prescritos por el organismo de acreditación.
- b) Declarar que está acreditado únicamente para la realización de las pruebas para las que se le ha concedido el acreditamiento, cumpliendo en su ejecución los lineamientos de esta norma y cualquier otro criterio prescrito por el SINALP.
- c) Abonar las tarifas de la solicitud, participación, evaluación, supervisión y otros servicios, de acuerdo a como sean actualizados por el SINALP, teniendo en cuenta los costos.
- d) No utilizar la acreditación de manera que pueda perjudicar la reputación del SINALP y no hacer ninguna declaración referente al acreditamiento que dicho organismo pudiera, razonablemente, considerar como abusiva.
- e) Cesar inmediatamente en el uso de la acreditación a partir de su vencimiento (cualquiera que sea la forma en que este haya sido fijado), así como en toda publicidad que, de cualquier forma, contenga alguna referencia de aquella.
- f) Indicar claramente en todos los contratos con sus clientes que la acreditación del laboratorio o cualquiera de los informes de pruebas por sí mismos no constituyen e implican, en manera alguna una aprobación del producto por el SINALP, ni por cualquier otro organismo.

SER. UGN

- g) Procurar que ningún Informe de pruebas o parte del mismo sea utilizado por el cliente, o por alguien autorizado por el cliente, con fines promocionales o publicitarios, cuando el organismo otorgante de la acreditación considere impropio tal utilización. En cualquier caso, el informe de las pruebas no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización escrita del SINALP y del laboratorio de pruebas.
- h) Informar inmediatamente al SINALP sobre cualquier modificación relativa al cumplimiento de los lineamientos de esta norma y de cualquier otro criterio que pudiera afectar a la capacidad o al campo de actividad del laboratorio de pruebas.

Al hacer referencia en los medios de comunicación, tales como documentos, folletos o anuncios, a su condición de laboratorio de pruebas acreditado, éste deberá utilizar en forma apropiada el texto siguiente: "laboratorio de pruebas acreditado por (SINALP) para las pruebas de (campo para el que se ha otorgado la acreditación) correspondiente al número (o a los números) de registro..." u otro texto equivalente.

El laboratorio de pruebas exigirá que sus clientes, cuando hagan alusión a un laboratorio de pruebas acreditado, utilice en la forma apropiada, la frase siguiente: "Prueba realizada por (nombre del laboratorio de pruebas) acreditado por el SINALP, correspondiente al número (o a los números) de registro...", u otro texto equivalente.

A partir de la cancelación de su acreditación, el laboratorio de pruebas debe tomar las medidas necesarias para que cese cualquier utilización de estas referencias. Un laboratorio de pruebas puede cancelar el acreditamiento, llegado el caso, previo aviso escrito con un mes de anticipación al organismo de acreditación (o con el plazo acordado por ambas partes).

9 BIBLIOGRAFIA

EN45001 "CRITERES GENERAUX CONCERNANT LE FONCTIONNEMENT DE LABORATOIRES D' ESSAIS".

GUIA ISO/CEI 2 "TERMINOS GENERALES Y SUB DEFINICIONES RELATIVOS A LA NORMALIZACION Y A LAS ACTIVIDADES CONEXAS".

GUIA ISO/CEI 25 "REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA TECNICA DE LOS LABORATORIOS DE PRUEBAS".

SECOFI - DGN

GUIA ISO/CEI 38 "REQUISITOS GENERALES PARA LA ACEPTACION DE LOS LABORATORIOS DE PRUEBAS".

GUIA ISO/CEI 43 "DESARROLLO Y FUNCIONAMIENTO DE LAS PRUEBAS DE APTITUD DE LOS LABORATORIOS".

GUIA ISO/CEI 45 "DIRECTRICES PARA LA PRESENTACION DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS".

GUIA ISO/CEI 49 "DIRECTRICES PARA EL DESARROLLO DE UN MANUAL DE LA CALIDAD PARA LOS LABORATORIOS DE PRUEBAS".

10 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no coincide con ninguna norma internacional por no haber referencia al momento de su elaboración, habiéndose tomado como base las Guías ISO/IEC.

México, D. F., a 10 JUN. 1992

EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS


LIC. AGUSTIN PORTAL ARTOSA

IDEAS FUNDAMENTALES AL IMPLANTAR EL ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

GARANTIZAR AL USUARIO LA UTILIZACIÓN EFECTIVA DEL PRODUCTO DURANTE SU VIDA DE DISEÑO.

DESARROLLAR NUESTROS PROCESOS DENTRO DE LA PRODUCTIVIDAD HACIÉNDOLOS EFICACES Y EFICIENTES.

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

SON LÍNEAS DIRECTRICES PARA LA SELECCIÓN Y LA UTILIZACIÓN DE LAS NORMAS DE CALIDAD.

CONTROL

NO QUEREMOS CORREGIR SINO EVITAR DESVÍOS.

NO QUEREMOS ENDEREZAR SINO EVITAR TORCEDURAS.

COMO ?

MANTENIENDO NUESTRAS ACTIVIDADES BAJO CONTROL.

**UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD ADECUADO,
INCREMENTA LA CONFIABILIDAD Y SEGURIDAD DEL
PRODUCTO, REDUCE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN,
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

CALIDAD

QUE LAS COSAS SIRVAN PARA LO QUE ESTÁN DISEÑADAS, EN FORMA OPORTUNA Y A UN COSTO MÍNIMO PLANEADO.

DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS QUE PUEDAN USARSE EN EL CAMPO PARA PROVEER UNA EVALUACIÓN MÁS SIGNIFICATIVA DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES.

HÁGASE BIEN DESDE UN PRINCIPIO.

EL ADIESTRAMIENTO Y LA CAPACITACIÓN SON
FUNDAMENTALES PARA ALCANZAR ALTOS
RENDIMIENTOS, ELEVAR LA CALIDAD Y AMPLIAR
ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN LA
PRODUCCIÓN.

*CUANDO EL COSTO ES ESENCIAL,
LA CALIDAD ES PRIMORDIAL.*

VILFRIDO PARETO (*Economista francés del siglo XIX*)

DESCUBRIÓ QUE DE TODAS LAS COSAS QUE HACEMOS HAY MUCHAS POCO IMPORTANTES QUE AFECTAN EN MUY POCO NUESTRA VIDA, Y POCAS MUY IMPORTANTES QUE AFECTAN MUCHO NUESTRA VIDA.

EL TERRENO NATURAL POR SER EL APOYO DE LA OBRA VIAL, DESEMPEÑA UNA FUNCIÓN MUY IMPORTANTE EN EL COMPORTAMIENTO GENERAL Y POR LO TANTO DEBE CONSIDERARSE COMO PARTE DE LA SECCIÓN ESTRUCTURAL.

CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PARA TERRACERÍAS

FRAGMENTOS DE ROCA: GRANDES
MEDIANOS
CHICOS

SUELOS: GRUESOS
FINOS
ALTAMENTE ORGÁNICOS

LA SECCIÓN ESTRUCTURAL DE UN CAMINO ES EL CONJUNTO DE CAPAS QUE POSEAN CONDICIONES DE RESISTENCIA, DEFORMABILIDAD, DURACIÓN Y COSTO ADECUADOS DURANTE LA VIDA ÚTIL PREVISTA.

USUALMENTE LA SECCIÓN ESTRUCTURAL DE UN CAMINO ESTARÁ CONSTITUIDA POR LAS TERRACERÍAS (CORTE O TERRAPLÉN), LA CAPA SUBRASANTE, LA SUB-BASE, LA BASE Y LA CARPETA, PERO LAS CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA PUEDEN HACER CONVENIENTE LA UTILIZACIÓN DE OTRAS CAPAS O LA ELIMINACIÓN DE ALGUNAS DE LAS ENUMERADAS.

ENSAYES REOLÓGICOS UTILIZADOS POR SHRP

Procedimiento	Mide	NORMA	
Viscosímetro Rotacional (RV)	viscosidades a altas temperaturas	ASTM D 4402	
Dynamic Shear Rheometer	G^* y δ a temperaturas altas e intermedias	SHRP B-003	AASHTO TP5
Bending Beam Rheometer (BBR)	S (I) y m a bajas temperaturas	SHRP B-002	AASHTO TP1
Direct Tension (DTT)	deformación de rotura	SHRP B-006	AASHTO TP3
Rolling Thin Film Test (RTFOT)	envejecimiento a corto plazo	ASTM D 2872	AASHTO T-240
Pressure Aging Vessel (PAV)	envejecimiento a largo plazo	SHRP B-005	AASHTO PP1

MATERIALES PARA TERRACERÍAS

SON LOS QUE PROVIENEN DE LA CORTEZA TERRESTRE, YA SEA QUE SE EXTRAIGAN DE CORTES O PRÉSTAMOS Y QUE SE UTILIZAN EN LA CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES O RELLENOS, LOS CUALES SE PUEDEN EMPLEAR SOLOS, MEZCLADOS O ESTABILIZADOS CON OTROS MATERIALES NATURALES O ELABORADOS, EN TAL FORMA QUE REUNAN CARACTERÍSTICAS ADECUADAS PARA SU USO.

MATERIALES PARA REVESTIMIENTOS, SUB-BASES Y BASES DE PAVIMENTO

**SON LOS MATERIALES SELECCIONADOS
QUE SE EMPLEAN EN LA
CONSTRUCCIÓN DE REVESTIMIENTOS,
SUB-BASES Y BASES DE PAVIMENTO, YA
SEA QUE SE ESTABILICEN O NO, CON
ALGÚN PRODUCTO NATURAL O
ELABORADO.**

MATERIALES ASFÁLTICOS Y MEZCLAS ASFÁLTICAS

EL ASFALTO ES UN MATERIAL BITUMINOSO, SÓLIDO O SEMISÓLIDO, CON PROPIEDADES AGLUTINANTES Y QUE SE LICÚA GRADUALMENTE AL CALENTARSE.

ESTÁ CONSTITUIDO, PRINCIPALMENTE, POR ASFALTENOS, RESINAS Y ACEITES; ESTOS CONSTITUYENTES LE DAN AL ASFALTO LAS CARACTERÍSTICAS DE CONSISTENCIA, PODER DE AGLUTINACIÓN Y DUCTILIDAD.

MATERIALES PÉTREOS PARA CARPETAS Y MEZCLAS ASFÁLTICAS

**SON LOS MATERIALES PÉTREOS
SELECCIONADOS QUE, AGLUTINADOS
CON UN MATERIAL ASFÁLTICO, SE
EMPLEAN PARA CONTRUIR CARPETAS
O MEZCLAS ASFÁLTICAS.**

**TABLA 1
TERRACERIAS**

CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA	TOLERABLE	SCT
GRANULOMETRIA (mm)	80% min <76 95% min <200	80% min <750	-	-
TAMAÑO MAXIMO (mm)	-	1000 ó 1/2 espesor del cuerpo	1500 ó 1/2 espesor del cuerpo	-
% FINOS (MAT. < 0.074 mm)	30 máx	40 máx	40 máx	-
WL (%)	40 máx	50 máx	60 máx	-
IP (%)	15 máx	20 máx	25 máx	-
COMPACTACION (%) (AASHTO EST.)	95 min	95 ± 2	95 ± 2	90 min
C.B.R. (%)	10 min	10 min	5 min	10 min
EXPANSION (%)	3 máx	3 máx	3 máx	3 máx

**TABLA 2
SUBRASANTE**

CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA	TOLERABLE	SCT
GRANULOMETRIA TAMAÑO MÁXIMO (mm)	76	76	76	76
% FINOS (MAT. < 0.074 mm)	25 max	35 max	40 máx	-
LL (%)	30 max	40 máx	50 máx	-
IP (%)	10 max	20 máx	25 máx	-
COMPACTACION (%)	100 min AASHTO EST	100 ± 2 AASHTO EST.	100 ± 2 AASHTO EST.	95
C.B.R. (%)	30 min	20 min	15 min	10 min
EXPANSION (%)	-	-	-	3 max

NOTAS:

- 1.- Con humedad de compactacion hasta 3% mayor a la óptima
- 2.- Al porcentaje de compactacion indicado y con contenido de agua recomendable a la del material en banco, a 1.5 m de profundidad.

**TABLA 3
SUB-BASES Y REVESTIMIENTO**

CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA	TOLERABLE	SCT SUB-BASE	SCT REVESTIMIENTO
GRANULOMETRIA ZONA GRANULOMETRICA	1-2	1-3	1-3	1-3	1-3
TAMAÑO MAXIMO (mm)	51	51	76	51	76
% FINOS (MAT. < 0.075 mm)	15 máx	25 máx	10 mín 20 máx	-	-
LL (%)	25 máx	30 máx	40 máx	-	-
IP (%)	6 máx	10 máx	15 máx	-	-
COMPACTACION (%) (AASHTO MOD.)	100 mín	100 mín	95 mín (AASHTO EST)	95 mín	PLE EL PROYECTO
EQUI. ARENA (%)	40 mín	30 mín	-	20 mín	-
C.B.R. (%)	40 mín	30 mín	30 mín	50 mín	30 mín
DESGASTE LOS ANGELES (%)	40 máx	-	-	-	-

NOTA:

1.- Al porcentaje de compactación indicado

**TABLA 4
BASES**

CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA	SCT
GRANULOMETRIA ZONA GRANULOMETRICA	1 - 2	1 - 3	1 - 3
TAMAÑO MAXIMO (mm)	38	51	50
% FINOS (MAT. < 0.074 mm)	10 máx	15 máx	-
LL (%)	25 máx	30 máx	30 máx
IP (%)	6 máx	6 máx	-
COMPACTACION (%) (AASHTO MOD.)	100 min	100 min	95 min (AASHTO EST.)
EQUI. ARENA (%)	50 min	40 min	50 min
C.B.R. (%)	100 min	80 min	100 min
DESGASTE LOS ANGELES (%)	40 máx	40 máx	-

NOTAS:

1.- Al porcentaje de compactación indicado

TABLA 5
CARPETA ASFALTICA

CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA	SCT
GRANULOMETRIA ZONA GRANULOMETRICA	Figuras 9 y 10		
TAMAÑO MAXIMO (mm)	38	38	
% FINOS (MAT. < 0.074 mm)	0 - 4 máx	0 - 8 máx	
Humedad Natural W (%)	0	1 máx	
Indice Plástico IP (%)	0 máx	5 máx	
EQUI. ARENA (%)	60 min	55 min	
DESGASTE LOS ANGELES (%)	30 max.	40 máx.	
Partículas Alargadas (%)	25 max	50 máx	

* La zona 1 en la Fig. 9 corresponde a materiales pétreos de granulometría gruesa (open grade) y la zona 2, a los materiales pétreos de granulometría fina.

TABLA 6
CLASIFICACION

OBRAS VIALES	TPDA	RED
ESPECIALES	20000	AUTOPISTAS Y SUBURBANAS
TIPO I	2500 - 10000	AUTOPISTAS Y FEDERAL
TIPO II	500 - 2500	FEDERAL Y ESTATAL
TIPO III	-	ESTATAL
TIPO IV	-	RURAL

002 - C CALIDAD DE LOS MATERIALES

La enorme gama de materiales presentes en la naturaleza que se pueden aplicar en vías terrestres, específicamente en la construcción de carreteras, se clasifica en tres calidades:

- Calidad deseable (óptima)
- Calidad adecuada (intermedia)
- Calidad tolerable (mínima aconsejable)

**DIRECCION GENERAL
DE SERVICIOS TECNICOS**

**PROPUESTA DE NORMAS DE CALIDAD DE
MATERIALES ASFALTICOS**

**CAPITULO
MATERIALES ASFALTICOS, SUS ADITIVOS Y
MEZCLAS ASFALTICAS.**

A - CONTENIDO

En este Capitulo se tratan los materiales asfálticos, sus aditivos y las mezclas asfálticas para pavimentacion.

B - MATERIALES ASFALTICOS

B 01 El asfalto es un material bituminoso, sólido o semisólido con propiedades aglutinantes y que se licúa gradualmente al calentarse. El asfalto está constituido, principalmente, por asfaltenos, resinas y aceites; estos constituyentes le dan al asfalto sus características de consistencia, poder de aglutinacion y ductilidad.

B 02 Los materiales asfálticos son los siguientes:

- a) Cementos asfálticos, que son los asfaltos obtenidos por un proceso de destilación del petróleo para eliminar a éste sus solventes volátiles y parte de los aceites. Sus viscosidades, obtenidas por el método de prueba descritos en el Capítulo (011 E 01) del Libro 6, varían generalmente entre 200 y 4800 poises en muestras a 60° C

- b) Emulsiones asfálticas, que son los materiales asfálticos líquidos estables, formados por dos fases no miscibles, en los que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la fase discontinua por pequeños globulos de asfalto. Las emulsiones asfálticas son catiónicas, en virtud de que los glóbulos asfálticos tienen carga electropositiva. Dependiendo del tipo y cantidad del agente emulsificante, las emulsiones asfálticas pueden ser de rompimiento rápido, medio, lento, controlado y para impregnación.

B 03 Los materiales asfálticos se emplean para aglutinar los materiales petreos empleados en la elaboración de carpetas y de sub-bases y bases estabilizadas; además, para impermeabilizar superficies y ligar o unir tales capas entre si. También se utilizan para construir, fabricar o impermeabilizar otras estructuras, tales como las auxiliares para el drenaje.

B 04 Los materiales asfálticos deberán satisfacer las características que a continuación se indican, determinadas todas ellas con los métodos de prueba descritos en el Capítulo del Libro

a) Cementos Asfálticos caracterizados por penetración

CARACTERISTICAS	CEMENTO ASFALTICO			
	No. 3	No. 6	No. 7	No. 8
Penetración. 100 gr., 5 seg., 25°C. grados	180-20	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furol. a 135 °C. seg. mínimo.....	60	85	100	120
Viscosidad. 60 °C. poises.....	300 = 60	1.000 = 200	2.000 = 400	3.000 = 600
Viscosidad. 135°C. centistokes. mín.	120	250	300	350
Punto de inflamación (Copa abierta de Cleveland). °C mínimo.....	220	232	232	232
Punto de reblandecimiento, °C.....	37-43	45-52	48-56	52-60
Ductilidad. 25°C. mínimo.....	60	100	100	100
Solubilidad en tricloroetileno. por ciento. mínimo.....	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película delgada, 50 cm ³ . 5h. 163 °C:				
Penetración retenida. por ciento. mínimo	40	50	54	58
Pérdida por calentamiento. por ciento. máximo.....	4	1.0	0.8	0.3
Ductilidad 25 °C. mínimo.....				
Viscosidad 60 °C. poises, máx.....	30	4.000	3.000	2.000

CEMENTOS ASFALTICOS CARACTERIZADOS POR VISCOSIDAD EN EL PRODUCTO ORIGINAL A 60 °C (140 °F)

CARACTERISTICAS	CEMENTO ASFALTICO					
	AC - 2.5	AC - 5	AC - 10	AC - 20	AC - 30	AC - 40
Viscosidad, 60 °C (140°F), poises	250 = 50	500 = 100	1.000 = 200	2.000 = 400	3.000 = 600	4.000 = 800
Viscosidad, 135°C (275°F), centistokes, minimo	125	75	250	300	350	400
Penetracion, 25°C (77°F), 100 gr. 5 seg. minimo	220	300	30	60	50	40
Punto de inflamacion, copa abierta de Cleveland °C (°F), minimo	163 (325)	177 (350)	219 (425)	232 (450)	232 (450)	232 (450)
Solubilidad en tricloroetileno %, minimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
Punto de reblandecimiento, °C		45	45-52	48-56	52-60	
Prueba de la pelicula delgada, 50 cm3, 5 h, 163°C (325°F)						
Perdida por calentamiento, %, maximo	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60 °C (140°F), poises, maximo	1.000	2.000	4.000	8.000	12.000	16.000
Ductilidad, 25 °C (77°F), 5 cm por minuto, cm. minimo.	100	50	25	50	40	30
Penetración retenida, %, minimo	40	30	50	54	58	62

**CEMENTOS ASFALTICOS CARACTERIZADOS POR VISCOSIDAD A 60°C
(140°F), PRUEBAS EFECTUADAS EN EL RESIDUO DE LA PELICULA
DELGADA ROLADA**

Pruebas efectuadas en el residuo de la película delgada rolada.	CARACTERIZADO POR VISCOSIDAD				
	AR - 10	AR - 20	AR - 40	AR - 30	AR - 50
Viscosidad, 60 °C (140°F), poises	1 000 = 250	2 000 = 500	4 000 = 1 000	8 000 = 2 000	16 000 = 4 000
Viscosidad, 135 °C (275°F), centistokes, mínimo	140	200	275	400	560
Penetración, 25 °C (77°F), 100 gr. 5 seg. mínimo	65	40	25	20	15
% de la penetración original, 25 °C (77°F), 5 cm por min., cm mínimo	40	45	50	52
Ductilidad, 25°C (77°F), 5 cm por min., cm mínimo	100	100	75	75	50
Pruebas efectuadas en el asfalto original:					
Punto de inflamación, copa abierta de Cleveland, °C (°F) mín.	205 (400)	219 (425)	227 (440)	232 (450)	240 (460)
Solubilidad en tricloroetileno, %, mínimo	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0

DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS.

PROPUESTA DE NORMAS DE CALIDAD PARA EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	G R A D O								
		HM 60	HM 65	HM 60	HM 65	RL 55	RL 60	RL 50	RC 55	RC 60
VISCOSIDAD A 100°C EN FORM. 25°C 10G	011 G 10	0-50				20-100	20-100	20-100	20-100	
VISCOSIDAD A 100°C EN FORM. 50°C 10G	011 F 10	20-100	100-400	50-400	50-400					100-400
CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO % EN PESO MIN	011 F 09	60	65	60	65	55	60	50	55	60
ASENTAMIENTO EN STRIAS DIFERENCIA EN % MÁX	011 G 12	5	5	5	5	5	5	10	5	5
RETENIDO EN MALLA No 20 % MÁX	011 F 12	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
PASA MALLA No 20 Y SE RET EN MALLA No 60 % MÁX	011 F 12	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
CUBRIMIENTO DEL AGREGADO SECO % MIN	011 F 07	---	---	90	90	90	90	---	90	90
CUBRIMIENTO DEL AGREGADO HUMEDO % MIN	011 F 07	---	---	75	75	75	75	---	75	75
CARGA DE LA PARTICULA	011 F 06	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
DISOLVENTE EN VOLUMEN % MÁX	011 E 08	---	3	10	12	---	---	12	---	---
PUNTO DE RUPTURA SEG		< 100	< 100	80-140	80-140	> 120	> 120	> 140	> 140	> 140
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION										
PENETRACION A 25°C 100 GR 5 SEG GRADOS	011 C 04	100-250	80-200	100-250	80-200	80-200	50-120	150-300	100-250	80-200
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO % MIN	011 C 06	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
DUCTILIDAD 25°C CM MIN	011 C 05	40	40	40	40	40	40	40	40	40
FLOTACION A 60°C SEG MIN	011 E 07	---	---	1200	1200	---	---	1200	1400	1400

NOTA:

1. Las especificaciones de los materiales deben ser las establecidas en el Manual de Especificaciones de Materiales para Carreteras, Edición 1970, de la Dirección General de Servicios Técnicos.

2. Las especificaciones de los materiales deben ser las establecidas en el Manual de Especificaciones de Materiales para Carreteras, Edición 1970, de la Dirección General de Servicios Técnicos.

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD SU APLICACIÓN EN CONCRETO HIDRÁULICO

- PROPIEDADES DE MATERIALES, REQUISITOS DE CALIDAD E INTERPRETACIÓN

Grava
Arena
Cemento
Agua

- VERIFICACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIALES

LUGAR
FRECUENCIA
CONDICIONES
SISTEMAS

- LA RESISTENCIA REQUERIDA Y EL PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

$$f_{cr} = f_c + t S$$

METODO DE DISEÑO

- INFLUENCIA DE LA MANO DE OBRA Y DE LOS EQUIPOS CONSTRUCTIVOS

MANO DE OBRA. FACTORES DE VARIACIÓN
EQUIPOS DE CONSTRUCCIONES. FACTORES DE VARIACIÓN

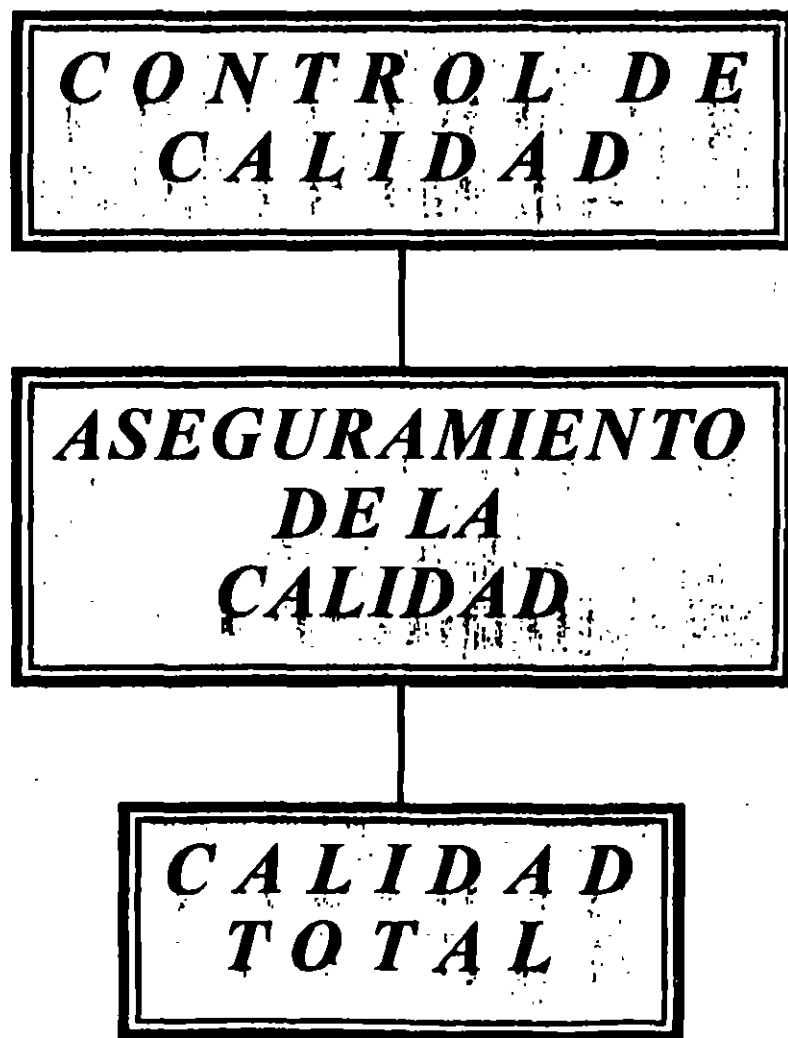
- EL CONTROL DURANTE LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO

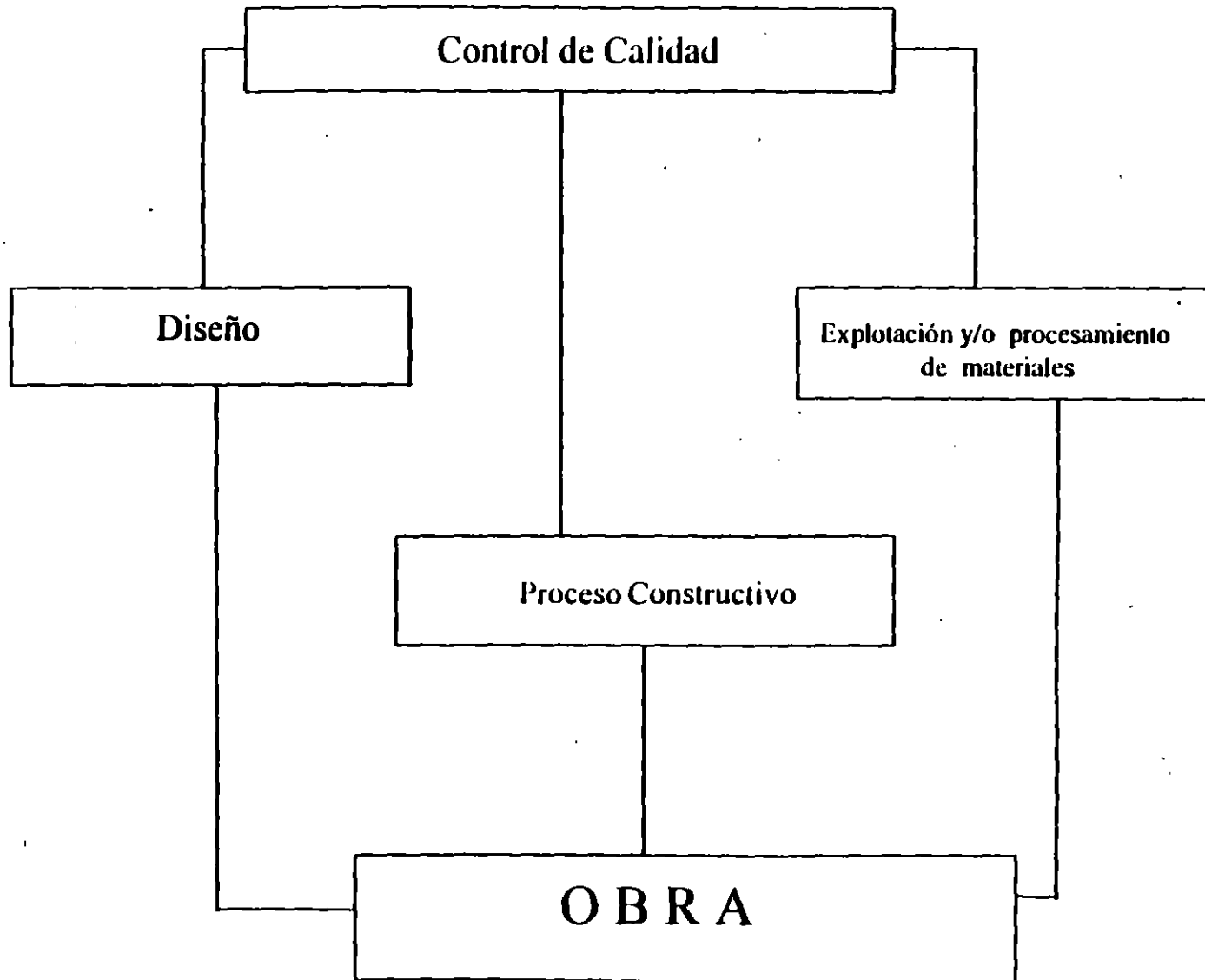
VERIFICACION DE AGREGADOS
VERIFICACIÓN DE CEMENTANTE
VERIFICACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO
VERIFICACIÓN DEL EQUIPO
VERIFICACIÓN DEL CONCRETO FRESCO

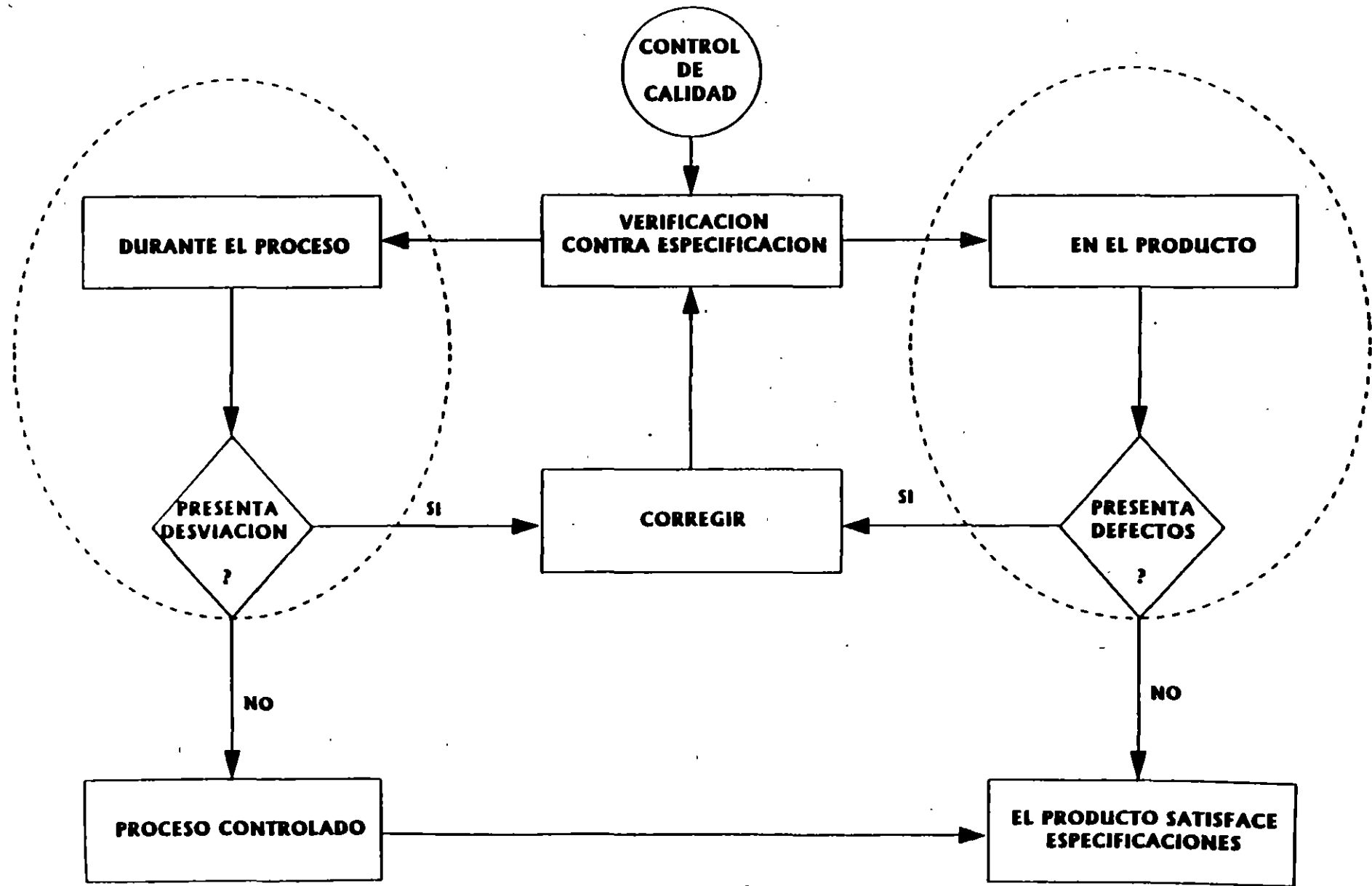
- EL ANALISIS DE DATOS Y LAS ACCIONES CORRECTIVAS

REGISTRO DE DATOS
ESTRATIFICACIÓN
HISTOGRAMA
CURVA NORMAL
CARTA DE CONTROL
INTERPRETACIÓN Y RECOMENDACIONES

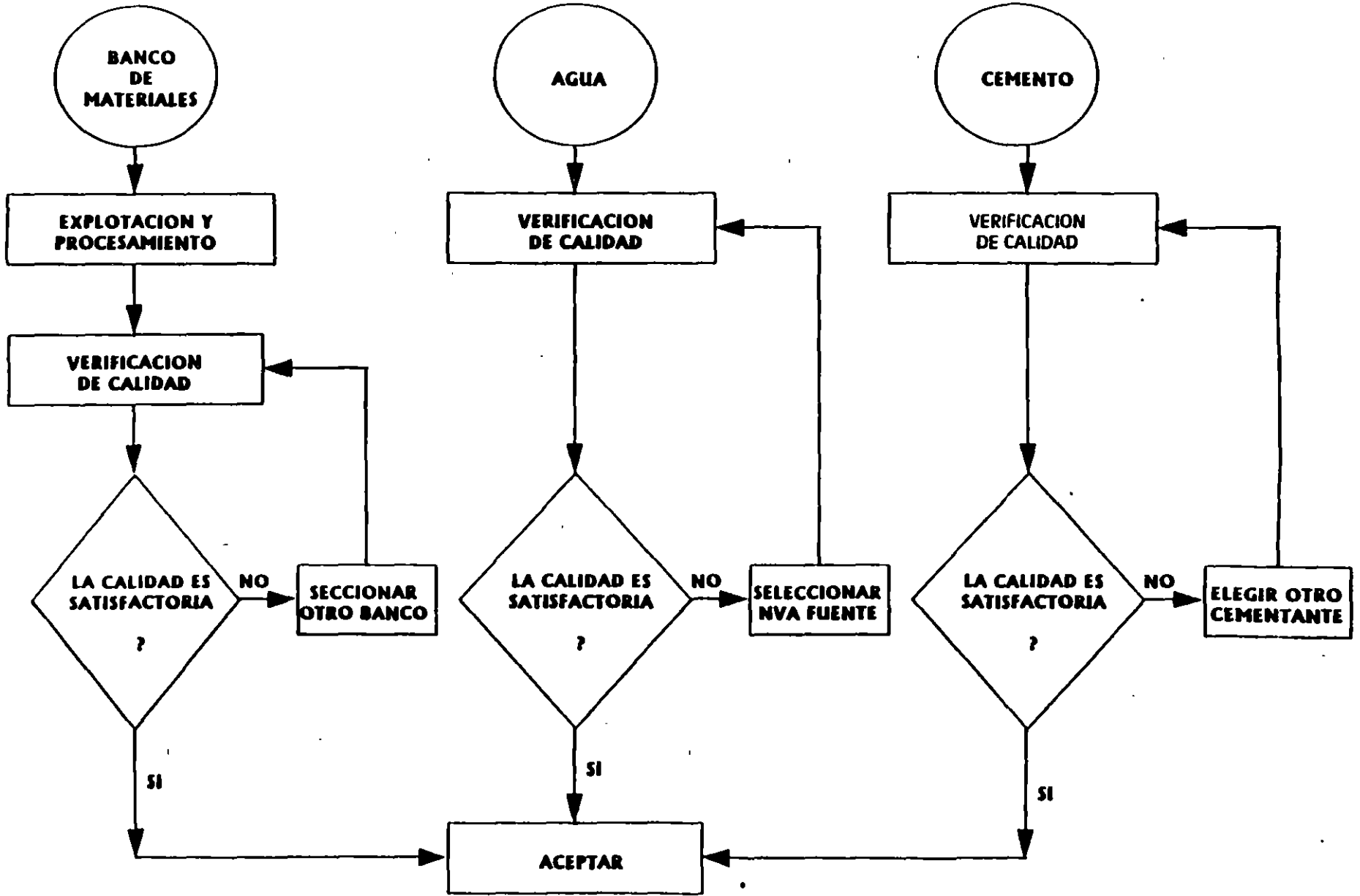
ASEGURAMIENTO Y GESTION DE LA CALIDAD







SE DEBE REDUCIR EN LO POSIBLE EL CONTROL DE CALIDAD EN EL PRODUCTO YA QUE ESTE HECHO NO MEJORA LA CALIDAD DE ESTE, POR LO CONTRARIO INCREMENTA SU COSTO ES PREFERIBLE EFECTUAR EL CONTROL DURANTE EL PROCESO.



BANCO DE MATERIALES

EXLOTACION Y PROCESAMIENTO

VERIFICACION DE CALIDAD

LA CALIDAD ES SATISFATORIA ?

NO

SECCIONAR OTRO BANCO

SI

AGUA

VERIFICACION DE CALIDAD

LA CALIDAD ES SATISFATORIA ?

NO

SELECCIONAR NVA FUENTE

SI

CEMENTO

VERIFICACION DE CALIDAD

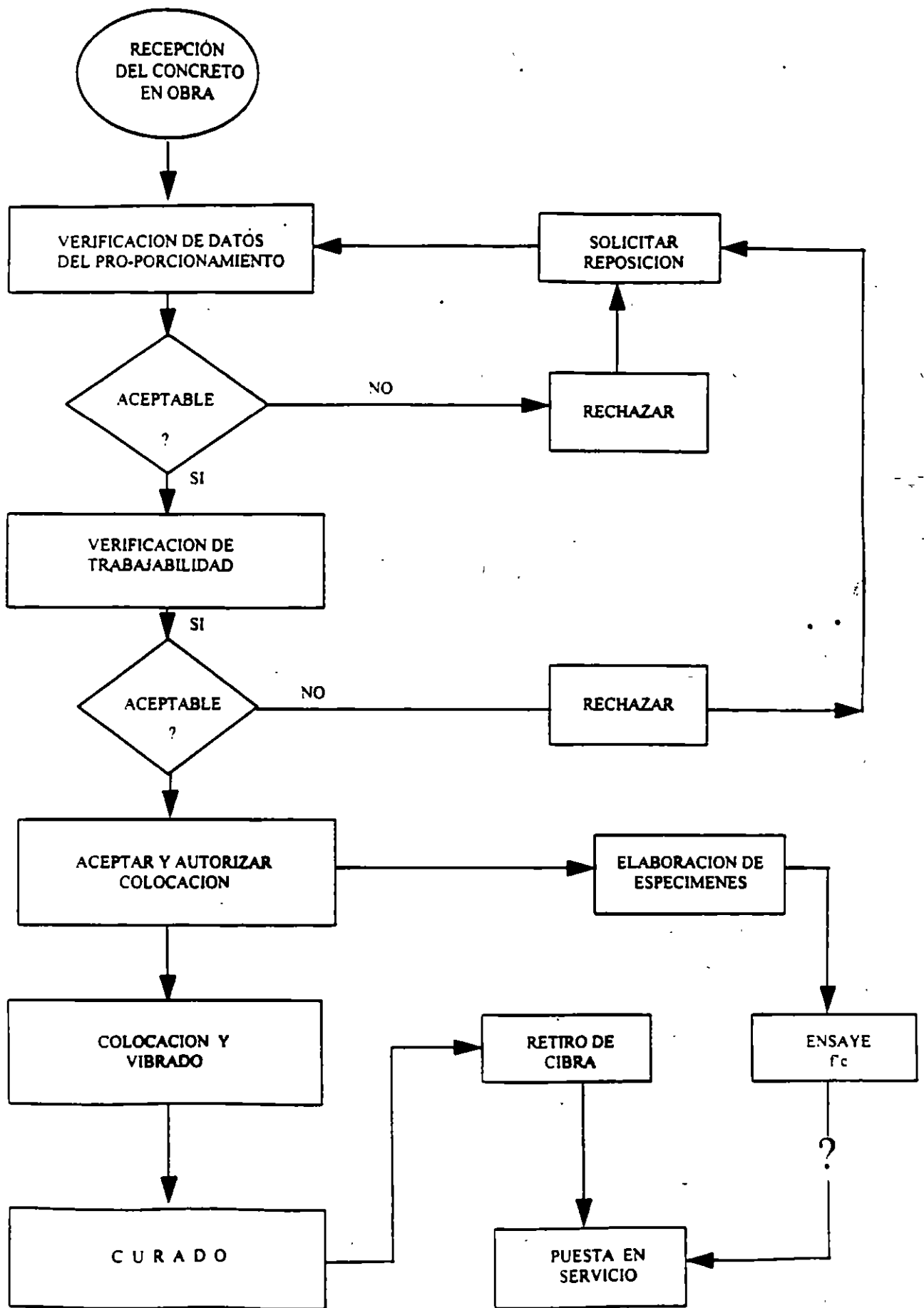
LA CALIDAD ES SATISFATORIA ?

NO

ELEGIR OTRO CEMENTANTE

SI

ACEPTAR



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECANICAS DEL CEMENTO PORTLAND PARA CONCRETO HIDRAULICO

PRUEBA	OBJETIVO	EFECTO EN EL CONCRETO
Resistencia a la compresión simple en kg/cm ² .	Determinar la resistencia a la compresión del mortero de cemento a diferentes edades.	La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica de la pasta de cemento que afecta directamente su comportamiento ante la acción de cargas de compresión.
Resistencia a la tensión, en kg/cm ²	Determinar la resistencia a la tensión del mortero de cemento a diferentes edades.	La resistencia a la tensión es una propiedad mecánica de la pasta de cemento que afecta directamente su comportamiento ante la acción de cargas de tensión.
Calor de hidratación	Medir la cantidad de calor, en calorías por gramo que se libera durante el proceso de fraguado	El calor de hidratación es el que se genera durante la reacción del cemento ante la presencia de agua y cuanto mayor es la finura de este mayor calor se disipa. El calor de hidratación contribuye al incremento de la resistencia de la pasta de cemento; no obstante en elementos muy voluminosos este calor puede provocar agrietamientos importantes, lo que obliga a emplear cementos de bajo calor de hidratación.
Falso fraguado	Determinar la rigidez prematura y anormal que se presenta en la pasta de cemento dentro de los primeros dos minutos después del mezclado.	El falso fraguado es una condición que no trae consecuencias dañinas al concreto y es conveniente que en caso de que se presente, se efectúe nuevamente el mezclado del concreto para eliminarlo.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECANICAS DEL CEMENTO PORTLAND PARA CONCRETO HIDRAULICO

PRUEBA	OBJETIVO	EFECTO EN EL CONCRETO
Finura con Turbidímetro de Wagner	Determinar la finura del cemento	La finura es una propiedad importante del cemento ya que de ella depende la velocidad de hidratación y evolución.
Permeabilidad con aparato Balne	Medir la finura del cemento	Una mayor finura del cemento hace que se incremente la velocidad de hidratación y acelera el desarrollo de resistencia.
Expansión en autoclave	Determinar la sanidad del cemento	Pone de manifiesto la presencia de compuestos como puede ser la cal libre, sulfato de magnesio o sulfato de calcio, en proporciones perjudiciales, que afecten la consistencia de una pasta es su capacidad de conservar su volumen después de haber fraguado.
Tiempo de fraguado con aparato de Gilmore o con aparato de Vicat	Mide la rigidez que alcanza la pasta de cemento en un lapso determinado de cemento	El fraguado se refiere a un cambio de un estado líquido a un estado rígido. Se determina para conocer el tiempo que tarda en endurecer la pasta de cemento a fin de permitir la programación en la elaboración y colado del concreto.
Contenido de aire	Medir el contenido de aire en el mortero de cemento hidráulico	Los cementos pueden fabricarse con aditivos que producen la inclusión de aire. Modifican el comportamiento del cemento haciéndolos más resistentes a los cambios volumétricos causados por los cambios bruscos de temperatura.

INFLUENCIA DE LOS COMPUESTOS QUIMICOS EN LAS PROPIEDADES DEL CEMENTO PORTLAND

COMPUESTOS	RESISTENCIA MECANICA	CALOR DE HIDRATACION *	CAMBIOS VOLUMETRICOS	RESISTENCIA A LA CONGELACION Y DESHIELO	RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS
Silicato Tricálcico C3S	La incrementa a edades tempranas y su efecto continúa a edades posteriores	1.14 ± 0.054	No tiene influencia	La mejora	La mejora
Silicato Dicálcico C2S	Anula influencia a edades temprana, aumenta a edades posteriores	0.436 ± 0.045	No tiene influencia	La mejora	---
Aluminato Tricálcico C3A	Solo contribuye en las primeras edades	20	Los aumenta	La disminuye	Cuando es mayor del 8%, la reduce
Ferroaluminato Teiracálcico C4AF	Tiene poco efecto	0.48 ± 0.18	No tiene influencia	---	Cuando es mayor de 8%, la reduce
Magnesia Periclusa MgO	---	---	Produce expansión en agua	---	Cuando es mayor de 5%, la reduce

* Calorias a 28 días, como porcentaje del compuesto.

DETERMINAR LAS PROPORCIONES DE LA MEZCLA DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA UN MÓDULO DE RUPTURA ($MR = 45 \text{ kg/cm}^2$); EL CONCRETO ES PARA LOSA DE PAVIMENTO.

DATOS DE MATERIALES:	GRAVA	ARENA	CEMENTO
Densidad, en g/cm^3	2.6	2.7	3.1
Absorción, en %	5.2	3.4	---
PVSS, en kg/m^3	1450	1520	---
PVSC, en kg/m^3	1575	1730	---
Humedad, en %	2.3	1.0	---
Módulo de finura	6.6	2.5	---

Tamaño máximo de agregado grueso, 40mm

Determinar el valor equivalente aproximado de f'_c mediante la fórmula :

$$f'_c = (MR / K); \quad \text{siendo valor de K : 2.12 a 2.4}$$

Para este caso se toma $K = 2.35$

$$f'_c = (45 / 2.35)^2 = 367 \text{ kg/cm}^2$$

Considerando una buena condición de control de campo, la desviación estándar será igual a 20 kg/cm^2 ; y con una probabilidad de que el promedio de 3 pruebas consecutivas de resistencia sea inferior a la f'_c para lo cual se empleará un valor de $t = 2.33$, se calculará la resistencia requerida f_{cr} para el diseño con la siguiente ecuación

$$f_{cr} = f'_c + (tS / (3)^{1/2}); \quad \text{en donde S = desviación estándar} = 20 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = 367 + 1.343 \times 30 = 393.9 \text{ se redondeará a } 400 \text{ kg/cm}^2$$

El diseño se ejecutará empleando el método ACI por lo que de aquí en adelante se hará referencia a una serie de valores de tablas obtenidos del libro "Práctica Recomendable Para dosificar Concreto Normal y Concreto Pesado ACI 211.1 - 74".

Paso 1 - Considerando que el concreto se empleará en losa de pavimento el valor de revenimiento será de $6 \pm 2\text{cm}$. Tabla numero 5.3.1

Paso 2.- Estimación del agua de mezclado y del contenido de aire atrapado, en función del tamaño máximo de agregado; de la tabla 5.3.3 se tiene:
 agua = 175 kg/m^3 aire atrapado = 1%

Paso 3.- De acuerdo con la tabla 5.3.4 (a) la relación agua/cemento para una resistencia de 400 kg/cm^2 en un concreto sin aire incluido es de 0.43

Paso 4.- Cálculo del contenido de cemento.

$$175/0.43 = 407 \text{ kg/m}^3$$

Paso 5.- De acuerdo con la tabla 5.3.6. se estima la cantidad de agregado grueso seco, en función del módulo de finura de 2.5 y tamaño máximo de agregado de 40mm.

$$0.75 \times 1575 = 1,181 \text{ kg}$$

Paso 6.- Con base en el volumen absoluto de los materiales calculados hasta ahora, se determinará el peso requerido de arena.

Volumen de agua neta de mezclado	$175/1000 =$	0.175 m^3
Volumen absoluto de cemento	$407/(3.1 \times 1000) =$	0.131 m^3
Volumen absoluto de grava	$1,181/(2.6 \times 1000) =$	0.454 m^3
Volumen de aire atrapado	$0.01 \times 1 =$	0.010 m^3
Volumen absoluto total de los ingredientes		0.770 m^3
Volumen absoluto de arena requerida	$1.0 - 0.770 =$	0.330 m^3
Peso requerido de arena seca	$0.330 \times 2.7 \times 1000 =$	891 kg

Paso 7.- Ajuste por humedad :

Grava húmeda	$1,181 \times 1.023 =$	1208 kg
Arena húmeda	$891 \times 1.010 =$	900 kg

Paso 8.- Ajuste por absorción. El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado por lo que debe excluirse del ajuste por adición de agua :

$$175 - 1,181(0.052 - 0.023) - 891(0.034 - 0.01) = 119 \text{ kg}$$

La proporción para un metro cúbico de concreto es :

Agua por añadir	119 kg
Cemento	407 kg
Agregado grueso húmedo	1208 kg
Agregado fino húmedo	900 kg
	2634 kg/m^3

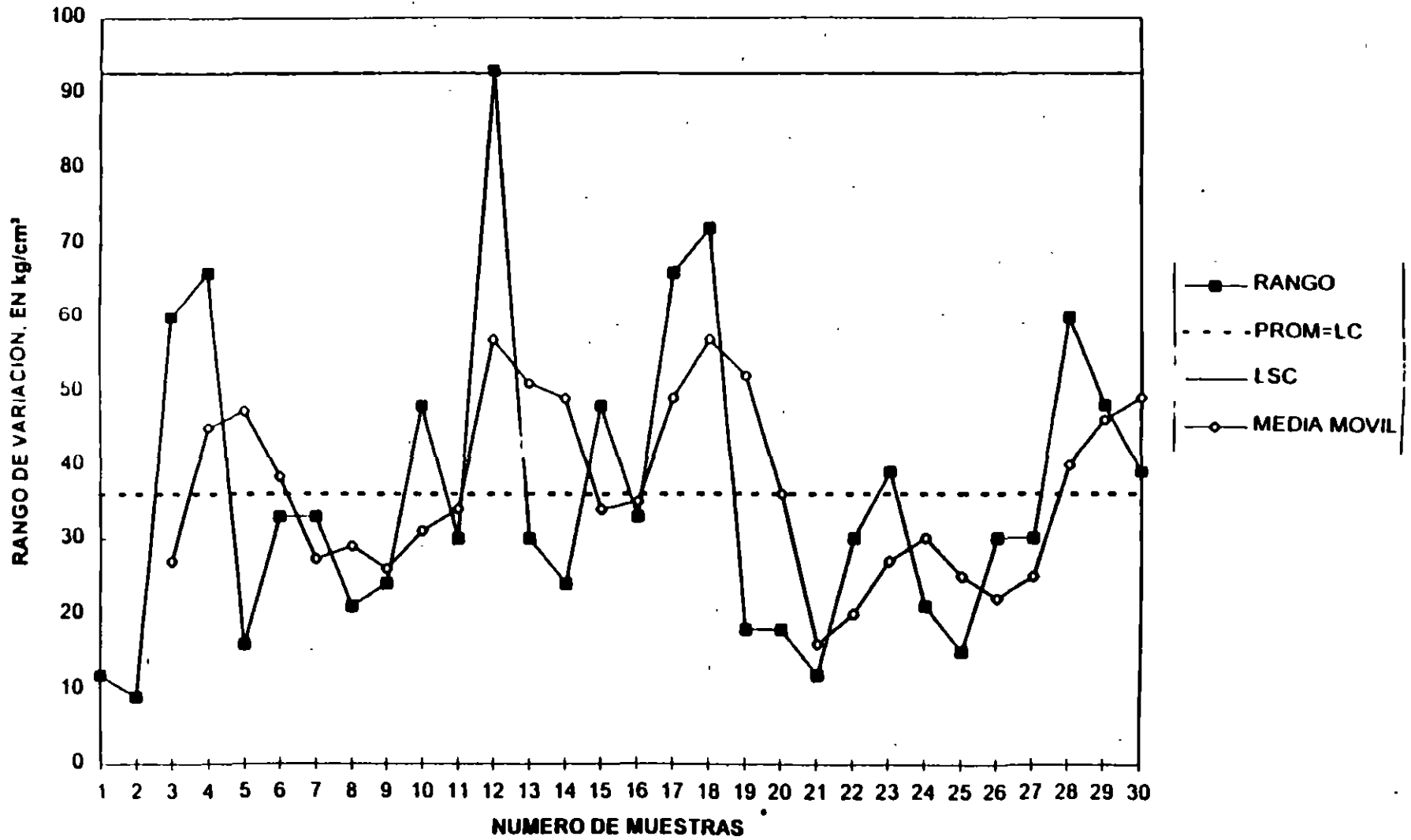
Paso 9.- Cálculo de la proporción para prueba de laboratorio, considerando un volumen de 40 l de concreto.

Agua añadido	$119 \times 0.04 =$	4.7 kg
Cemento	$407 \times 0.04 =$	16.3 kg
Agregado grueso húmedo	$1208 \times 0.04 =$	48.3 kg
Agregado fino húmedo	$900 \times 0.04 =$	36.0 kg
		105.3 kg

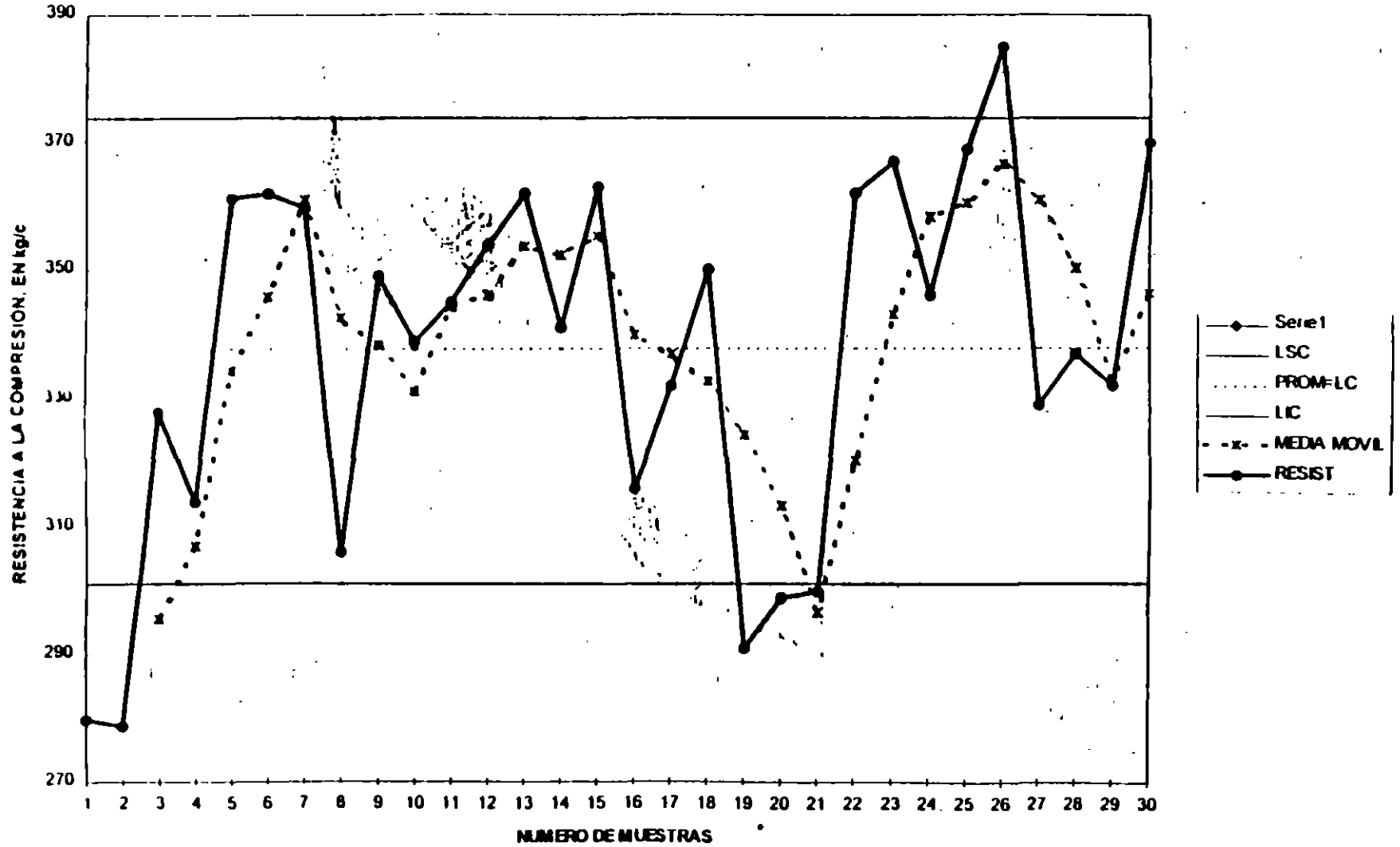
NORMAS PARA EL CONTROL DEL CONCRETO

VARIACION TOTAL					
Clase de Operación	Desviación estándar para diferentes normas de control, en kg/cm²				
	Excelente	Muy buena	Buena	Aceptable	Pobre
Pruebas de Control en el Campo	< 25	25 a 35	35 a 40	40 a 50	> 50
Mezclas de prueba de laboratorio	< 15	15 a 17	17 a 20	20 a 25	> 25
VARIACION EN LAS PRUEBAS					
Clase de operación	Coefficiente de variación para diferentes normas de control, en %				
	Excelente	Muy buena	Buena	Aceptable	Pobre
Pruebas de Control en el Campo	< 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	> 6
Mezclas de prueba de laboratorio	< 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	> 5

CARTA DE CONTROL DE RANGOS



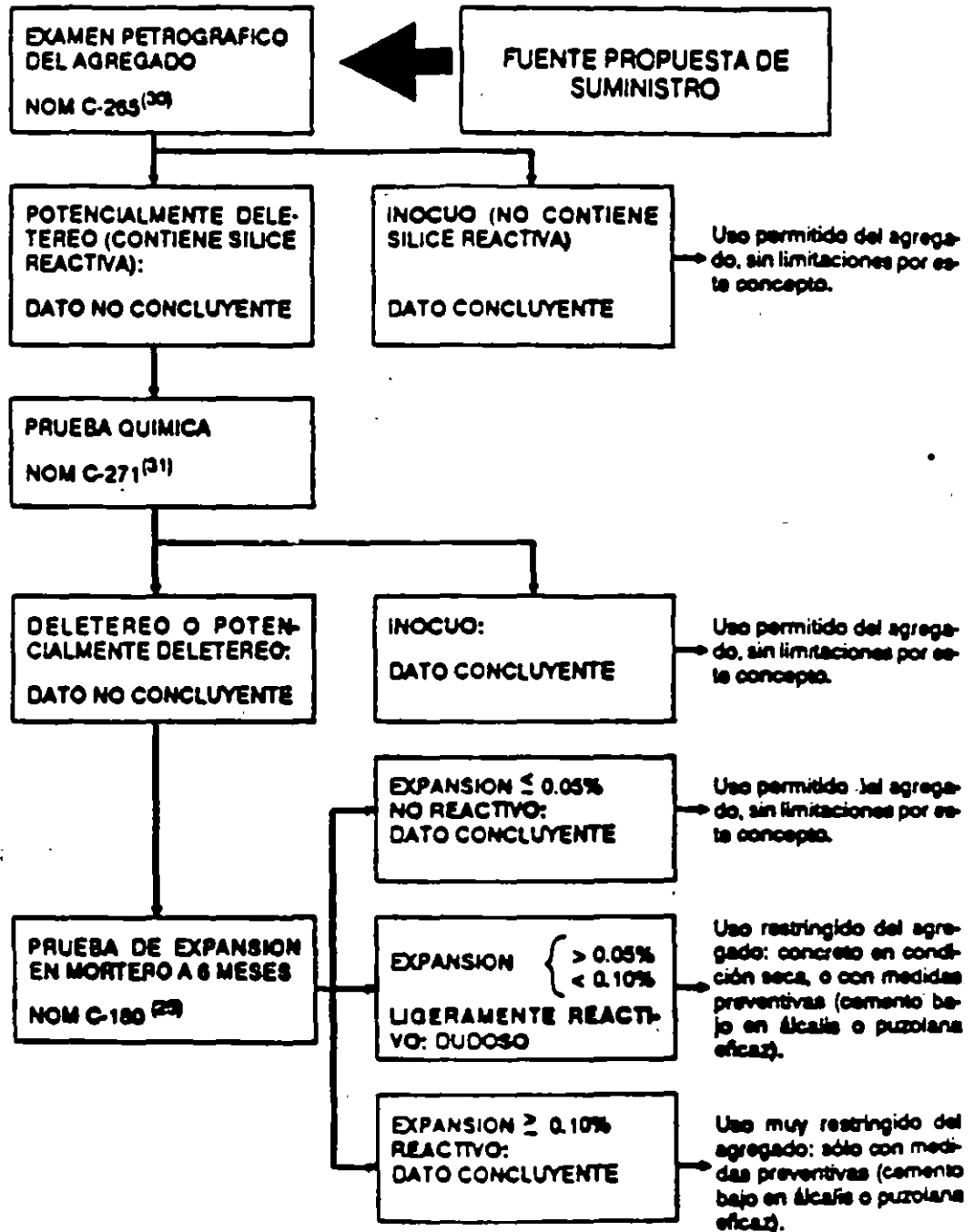
CARTA DE CONTROL DE MEDIAS



FACTORES PARA CALCULAR LOS LIMITES DE LAS GRAFICAS DE CONTROL DE MEDIA Y RANGO

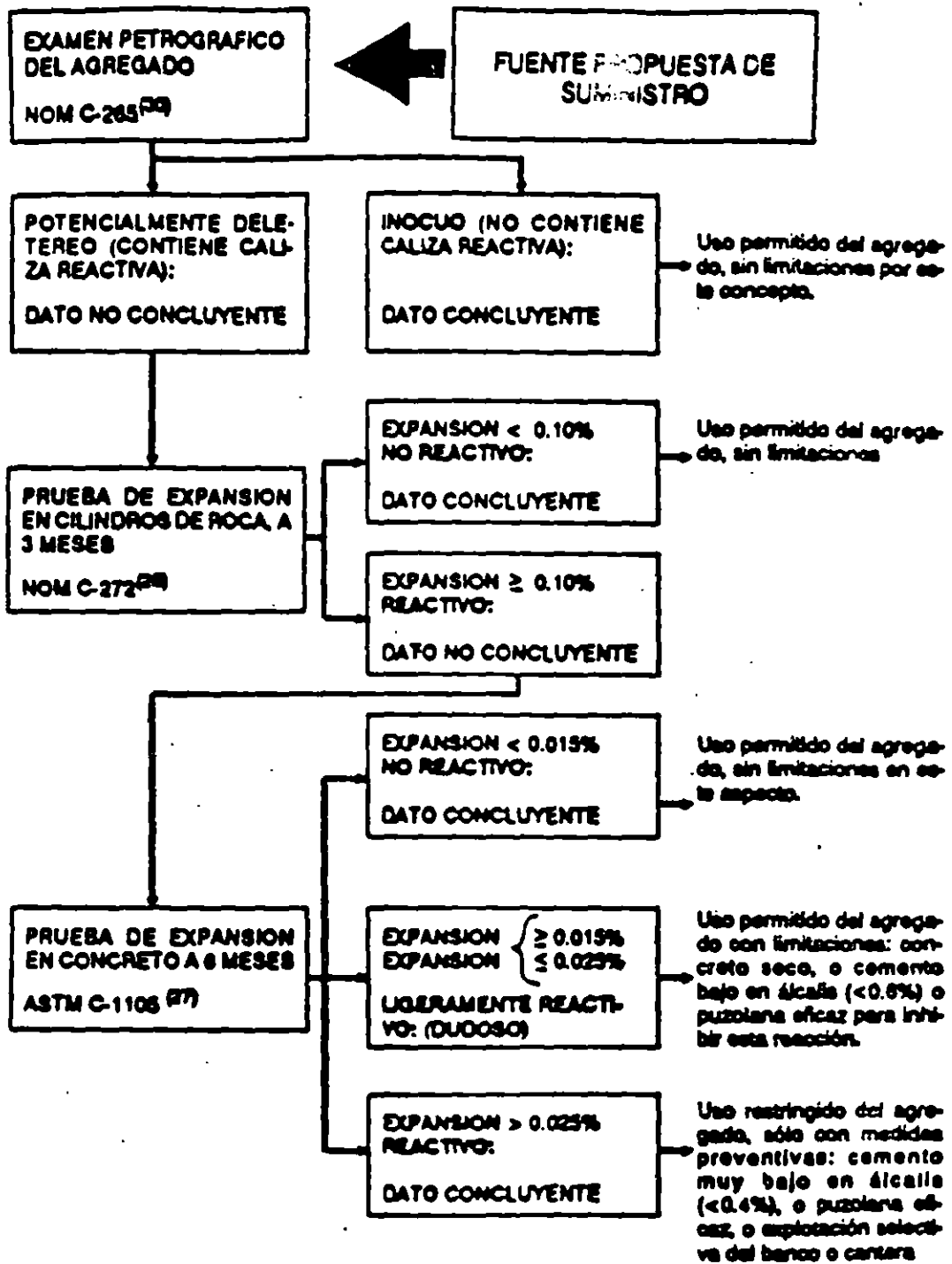
NUMERO DE OBSERVACIONES EN EL SUBGRUPO (n)	FACTORES PARA GRAFICAS DE MEDIAS	FACTORES PARA GRAFICAS DE RANGOS	
	A ₂		INFERIOR D ₃
2	1.880	0	3.268
3	1.023	0	2.574
4	0.729	0	2.282
5	0.577	0	2.114
6	0.483	0	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777

En el siguiente cuadro sinóptico se indican las pruebas, criterios de interpretación de resultados, y decisiones que pueden efectuarse sucesivamente, cuando la reacción previsible en el concreto es del tipo álcali-silice.



Quando la reacción prevista es del tipo álcali-carbonato, se aplican otras pruebas y criterios conforme al cuadro que sigue.

Reacción alcali-carbonato



Como se observa, la completa definición del carácter reactivo de los agregados con los álcalis, puede requerir en algunos casos más de seis meses a partir de la iniciación de las pruebas, lo cual debe tenerse presente cuando se realizan los estudios preliminares para la ejecución de obras en que deben emplearse agregados sin antecedentes de servicio.

REACTIVIDAD ALCALI SILICE CARBONATO

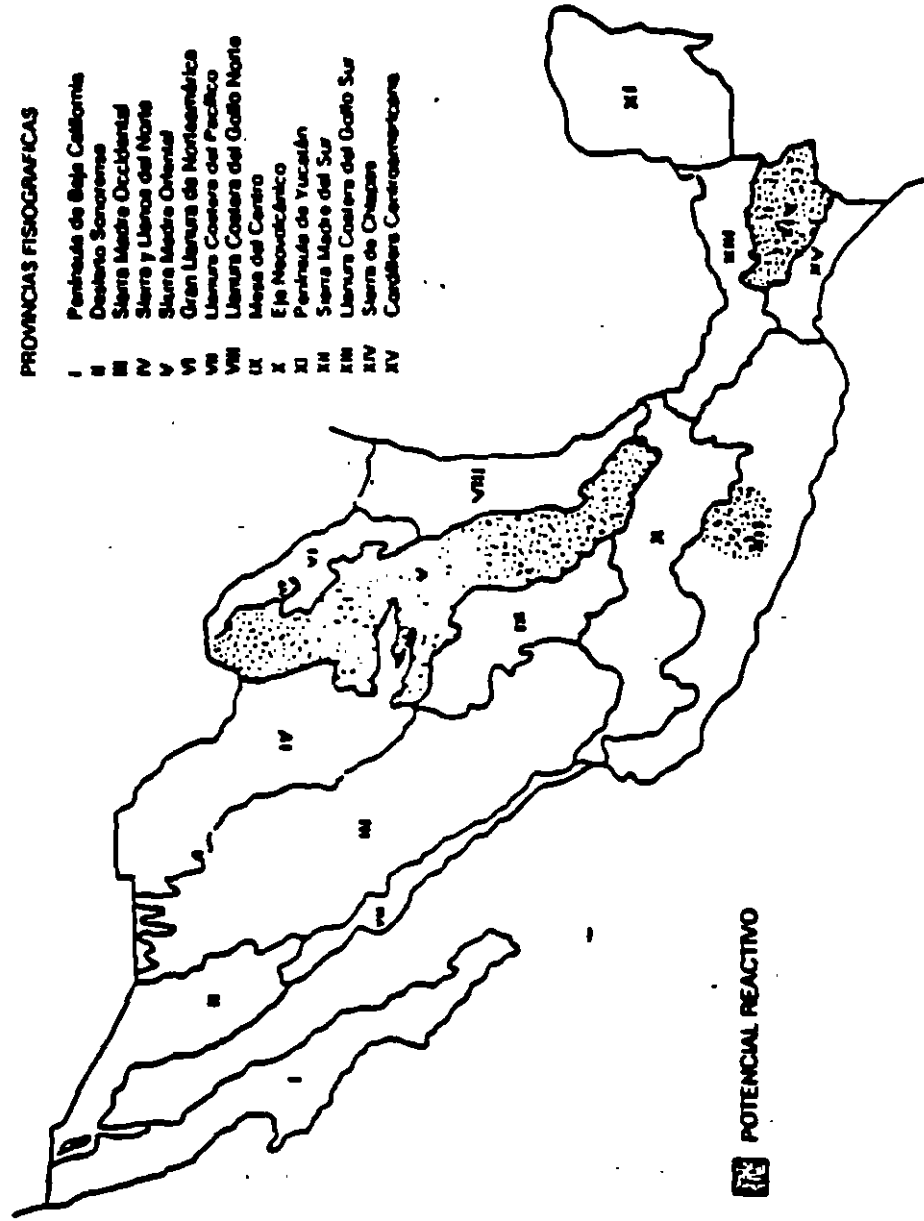


Figura 4. Delimitación de zonas con rocas carbonatadas potencialmente reactivas con los ácidos

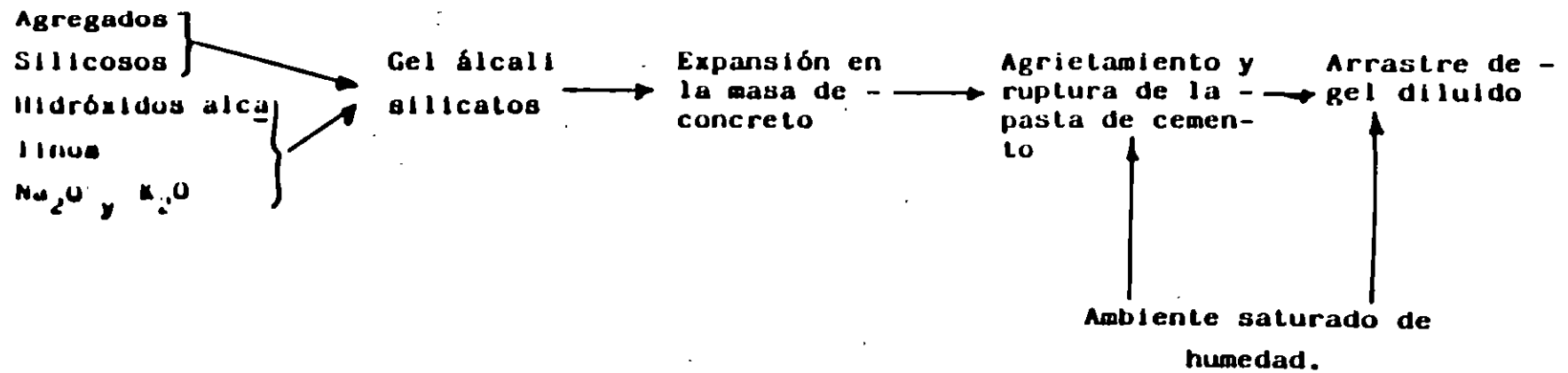
REACTIVIDAD ALCAU-SILICE



Figura 3 Delimitación de regiones con rocas silíceas potencialmente reactivas con los álcalis

REACCION AGREGADO - ALCALI.

Mecanismo de la reacción álcali - agregado.



REACCIONES QUIMICAS DE LOS AGREGADOS

Tipos de reacciones álcali-agregado:

- 1.- Alcali-sílice (frecuente)**
- 2.- Alcali-silicato (poco frecuente)**
- 3.- Alcali-carbonato (intermedio entre los dos anteriores)**

REACCION AGREGADO - ALCALIS

La reacción más común se produce entre los constituyentes activos de sílice del agregado y los alcalis del cemento.

Formas reactivas del sílice:

- Opalo (sílice amorfa)
- Calcedonia (sílice criptocristalina fibrosa)
- Tridimita (sílice cristalina)

CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA

**SERVICIO DE CERTIFICACION
DE LABORATORIOS
DE CALIBRACION**

SECLAC



CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVO	1
3. ALCANCE	1
4. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION	1
4.1 INTRODUCCION	1
4.2 EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE MEDICION DEL LABORATORIO POR TRAZABILIDAD	2
4.3 EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE MEDICION DEL LABORATORIO POR APARATOS	3
5. TIPOS DE CAPACIDADES DE MEDICION	4
6. RELACION CON EL SISTEMA NACIONAL DE CALIBRACION	5

1. INTRODUCCION

El Centro Nacional de Metrología, CENAM, fue creado por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización de 1992, para fungir como laboratorio primario del país. Entre las funciones que le encomienda el artículo 30 de dicha ley se cuenta la de dictaminar sobre la capacidad técnica de los laboratorios de calibración. Por este motivo, el CENAM ha establecido el Servicio de Certificación de Laboratorios de Calibración, SECLAC.

2. OBJETIVO

El Servicio de Certificación de Laboratorios de Calibración tiene por objeto la certificación de la capacidad técnica de estos laboratorios, con el fin de establecer confianza en sus resultados de medición, los valores de las incertidumbres que les son asociadas y su trazabilidad a los patrones nacionales.

3. ALCANCE

Este sistema está dirigido a todos los laboratorios de calibración que desean obtener dicha certificación. La certificación de SECLAC será la base técnica sobre la cual se otorgará el acreditamiento de los laboratorios del Sistema Nacional de Calibración.

4. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION

4.1. INTRODUCCION

La verificación de las capacidades de medición de los laboratorios evaluados por el SECLAC se realiza usando patrones de referencia o de transferencia y aparatos de medición. El proceso de verificación de mediciones empleando patrones de referencia se llama "Verificación de Mediciones por Trazabilidad" mientras que la verificación a través de patrones y dispositivos de control se llama "Verificación de Mediciones por Aparatos". Cada magnitud para la cual se declara una capacidad de medición se verifica usando este proceso a menos que se decida realizarlo de manera diferente, de acuerdo con el programa SECLAC.

4.2. EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE MEDICION DEL LABORATORIO POR TRAZABILIDAD

SECLAC lleva a cabo la evaluación de la capacidades de medición usando los patrones de referencia o transferencia pertenecientes al laboratorio que esta siendo evaluado. Los laboratorios deben tener sus patrones de referencia o transferencia calibrados por un laboratorio de mayor jerarquía, normalmente el CENAM, con el objeto de satisfacer el criterio de trazabilidad del programa SECLAC. La frecuencia de estas calibraciones se establece por el laboratorio evaluado y sujeto a una revisión por el Programa SECLAC, con posibles ajustes subsecuentes. El programa SECLAC tiene siempre la opción de determinar posibles cambios en la frecuencia de evaluación, si los resultados así lo ameritan.

Es necesario que los laboratorios proporcionen al Programa SECLAC los valores de sus patrones de referencia o transferencia antes de ser calibrados y después de ser regresados al laboratorio, con el fin de cuantificar su variación en el tiempo. Estos patrones deben calibrarse por el CENAM, por algún otro Laboratorio Nacional de Metrología reconocido por SECLAC o bien por algún laboratorio reconocido por el Sistema Nacional de Calibración (SNC) con trazabilidad al CENAM. Es posible aceptar servicios de calibración de laboratorios de otros países, siempre y cuando el CENAM haya firmado con éstos convenios de reconocimiento mutuo.

El Laboratorio debe proporcionar informes de calibración de sus patrones, similares a los que proporcionaría a un cliente típico. El informe debe incluir el valor del patrón y una declaración de la incertidumbre. El valor numérico de esta declaración de incertidumbre puede ser igual o menor al valor indicado en los alcances de la certificación. Si la incertidumbre declarada es menor, se considerará como un componente del cálculo total de incertidumbre para fines de certificación.

El valor o los valores reportados por el Laboratorio en evaluación pueden obtenerse usando varios métodos.

- ❖ El Laboratorio puede medir el patrón mediante estudios de intercomparación interna, de variabilidad u otros e informar su valor con una declaración de incertidumbre. Este es el método que debe ser usado por todos los laboratorios que brinden un servicio tipo I.
- ❖ El valor informado puede ser una proyección, basada en resultados previos con valores apropiados de incertidumbre

- ❖ Finalmente, el valor informado, puede ser el último valor asignado al resultado por un laboratorio de mayor jerarquía, la cual debe dar referencia del valor de incertidumbre.

En la medida que un laboratorio conozca mejor sus patrones, menor será el nivel de incertidumbre. Estos factores deben ser tomados en consideración al momento de estimar la incertidumbre total, para apoyar las capacidades declaradas.

Los reportes son entonces completamente analizados por SECLAC y por la sección del CENAM involucrada. Los análisis incluyen el procesamiento de los datos con algoritmos e hipótesis de prueba, empleando herramientas estadísticas apropiadas. El análisis se diseña para producir tres posibles conclusiones. La primera conclusión es aquella en la cual se indicaría que el resultado de la medición se encuentra dentro del alcance de la certificación; la segunda conclusión, citaría que los resultados son cuestionables y que requieren de mayor análisis; y la tercera conclusión indicaría que la verificación debe ser repetida o bien que el alcance de la certificación debe ser modificado.

El laboratorio en evaluación se mantiene informado de los resultados. El CENAM coordina con el laboratorio las acciones subsecuentes derivadas del análisis hasta obtener un resultado definitivo de la evaluación.

4.3. EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE MEDIR DEL LABORATORIO POR APARATOS

SECLAC lleva a cabo evaluaciones de capacidad de medición usando patrones y/o dispositivos de control (aparatos) para los valores de las magnitudes para las cuales se hace la solicitud. SECLAC puede omitir este requisito siempre que CENAM no disponga de los recursos necesarios, que la evaluación no sea completamente concluyente, o por diversas razones. Esta evaluación normalmente se lleva a cabo por vez primera cuando el laboratorio es evaluado para obtener la certificación, sin embargo, el laboratorio puede ser evaluado mediante esta técnica en cualquier momento, si el programa SECLAC determina que el funcionamiento del laboratorio evidencia cambios, ameritando una nueva evaluación.

Cada magnitud es evaluada por uno o más aparatos, seleccionados cada uno para representar una condición de medición común dentro del laboratorio. Los aparatos son también seleccionados para poder enfrentar situaciones de medición complicadas, incluyendo los extremos del intervalo de medición.

La selección es hecha por el personal de SECLAC y por especialistas del CENAM en los campos relevantes para la evaluación. Así, el CENAM garantiza

o calibra los parámetros apropiados del aparato bajo condiciones adecuadas y lo envía al laboratorio en evaluación. Todos los detalles de los resultados de medición se mantienen en forma confidencial hasta el término de la evaluación. SECLAC proporciona al laboratorio una serie de instrucciones a seguir, incluyendo un calendario para la calibración del aparato. El laboratorio debe seguir estas instrucciones y mantener el calendario, a menos que haya recibido autorización de SECLAC para desviarse del mismo. El laboratorio debe calibrar el aparato y proporcionar un reporte similar al que proporcionaría a un cliente típico. El contenido del reporte debe estar de acuerdo a la guía CNM-STD-DF-003, sección 5.5, referente a los reportes para clientes externos.

El informe debe incluir el valor medido, así como una declaración de la incertidumbre. La declaración de la incertidumbre debe incluir un valor numérico para la misma, el cual debe ser igual o menor al valor indicado en los alcances de la certificación. Si la incertidumbre declarada es menor a la que se especifica en los alcances de la certificación, este valor se considerará como un componente del cálculo total de incertidumbre para fines de certificación.

Una vez que el laboratorio ha completado sus mediciones, el aparato es devuelto al CENAM empleando para ello el medio de transporte más apropiado. El CENAM repite las mediciones en el aparato y evalúa, entre otros, los efectos debidos al transporte. Los resultados de estas tres acciones de calibración son completamente analizados por SECLAC y la sección de CENAM involucrada. El análisis incluye un procesamiento de los datos mediante algoritmos e hipótesis de prueba, empleando herramientas estadísticas apropiadas. El análisis se diseña para producir tres posibles conclusiones. La primera conclusión indica que los resultados de la medición se encuentran dentro del alcance de la certificación; la segunda conclusión indicaría que los resultados son cuestionables y que deben ser analizados posteriormente; y la tercera conclusión indicaría que la verificación debe ser repetida o que el alcance de la certificación debe ser modificado.

El laboratorio en evaluación se mantiene informado de los resultados. El CENAM coordina con el laboratorio las acciones subsecuentes derivadas del análisis hasta obtener un resultado definitivo de la evaluación.

5. TIPOS DE CAPACIDADES DE MEDICIÓN

El programa SECLAC emitirá un Certificado único para todos los laboratorios que demuestren satisfactoriamente sus capacidades de medición. Sin embargo, con el fin de facilitar la identificación del tipo de servicio que ofrece el laboratorio certificado, las capacidades de medición se clasificarán dentro de los tres tipos siguientes:

- Tipo I** Certifica la capacidad de calibrar patrones de medición. Su sistema tiene la capacidad de cuantificar continuamente sus niveles de incertidumbre y evaluar sus procesos de medición. Mantiene un alto nivel de control ambiental e informa los valores de sus mediciones con una incertidumbre declarada a un cierto nivel de confianza.
- Tipo II** Certifica la capacidad de calibrar equipo de pruebas, diagnóstico y mediciones para la fabricación y servicio de productos. Cuenta con los patrones necesarios para calibrar de acuerdo a tolerancias, normalmente especificadas por un fabricante o por las normas vigentes. Tiene la capacidad de verificar sus patrones y mantiene un control ambiental adecuado. Reporta sus mediciones e indica si el equipo calibrado cumple con las especificaciones.
- Tipo III** Certifica laboratorios que cuentan con patrones de referencia o de trabajo apropiados y cuya misión principal es establecer una referencia natural de calibración, es decir, sin considerar los efectos de las magnitudes de influencia. Depende casi exclusivamente de los valores asignados a sus patrones por otros laboratorios de mayor jerarquía, para asignar valores o verificar el cumplimiento de especificaciones del equipo calibrado. Puede ser un laboratorio de campo, sujeto a una amplia gama de efectos ambientales.

6. RELACION CON EL SISTEMA NACIONAL DE CALIBRACION

- ❖ Los laboratorios que solicitan la acreditación por parte de la Dirección General de Normas deben solicitar directamente al CENAM la certificación técnica de sus mediciones (Certificado SECLAC).
- ❖ Las cuotas requeridas por el CENAM serán pagadas directamente a este Centro.
- ❖ El Certificado SECLAC está disponible a cualquier laboratorio que lo solicite aún cuando no se encuentre en proceso de acreditamiento.
- ❖ El Certificado SECLAC no cubre aspectos organizacionales, financieros ni operacionales de los laboratorios, por lo que su evaluación quedará a criterio de la Dirección General de Normas.

ACCIONES DE CALIBRACION CON REFERENCIA AL CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA.

La calibración es un servicio que se ha venido proporcionando a las diferentes dependencias de la SCT, con la finalidad de mantener dentro de márgenes aceptables de error el funcionamiento de las máquinas solicitadoras de fuerza en sus diferentes modalidades. Para ello, han existido varias unidades encargadas de calibración que a nivel central se especializaban en el mantenimiento y calibración a los equipos de fuerza instalados en los diferentes laboratorios de la Secretaría, en toda la República. Sin embargo, a medida que estos laboratorios fueron aumentando su tamaño y su número, surgió la necesidad de descentralizar estas actividades para proporcionar un mejor servicio. Para lo cual se crearon 5 unidades que se ubicaron estratégicamente en las Unidades Generales de Servicios Técnicos de los Centros SCT Baja California Norte, Chihuahua, Jalisco, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas. Con la creación de las Unidades Regionales de Servicios Técnicos, estas brigadas nuevamente fueron reubicadas en las Unidades Regionales. Suales actualmente proporcionan los servicios de calibración. Por otra parte, las actividades de calibración de los Laboratorios Generales, ha estado limitada exclusivamente al mantenimiento y calibración de las máquinas instaladas en los mismos, así como, de las máquinas universales instaladas en algunas Unidades Generales de los Centros SCT y Universidades del país.

Para proporcionar el servicio de calibración es necesario contar con equipos reconocidos según se muestra. Los equipos se emplean para hacer calibración a otros estándares nacionales de acuerdo de acuerdo, que a su vez son empleados para calibración a las normas de prueba. Estos equipos deben satisfacer los requisitos que establecen las normas mexicanas UNM-CM-22-54. Los equipos patrones de prueba deben recibir calibración de un patrón de referencia y esta a su vez recibir su calibración de un patrón nacional o internacional de referencia. El periodo de vigencia del certificado de calibración es de 2 años. Para el patrón de referencia y de 1 año. Para el patrón de trabajo y mediciones de prueba. Los certificados de calibración de los equipos de patrón de referencia son de cuarenta los laboratorios centrales proceden de la National Bureau Standard (NBS) y de la National Institute of Standard and Technology (NIST) de los EE UU. datan de 1953 y 1958. Actualmente está en proceso de certificación un nuevo patrón de referencia en un rango de 136 - 136.000 g. en el Centro Nacional de metrología (CENAM).

El CENAM es un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio. Creado bajo el amparo de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización de 1972. con objeto de llevar a cabo funciones de alto nivel técnico en materia de metrología.

El CENAM tendrá las siguientes funciones:

i.- Función como laboratorio primario del Sistema Nacional de Calibración:

ii.- Constar al Centro Nacional correspondiente a cada rama de la ciencia, salvo que su conservación sea más conveniente en otra institución:

iii.- Proporcionar servicios de calibración a los patrones de medición de los laboratorios, centros de investigación o a la industria, cuando así se solicite, así como expedir los certificados correspondientes:

iv.- Promover y realizar actividades de investigación, desarrollo tecnológico en los diferentes campos de la metrología, así como cooperar a la formación de recursos humanos para el mismo objeto:

v.- Asesorar a las secciones industriales, técnicas, científicas en relación con sus problemas de medición, certificar materiales patrón de referencia:

vi.- Participar en el intercambio de desarrollos tecnológicos con organismos nacionales e internacionales, así como en la intercomparación de los patrones de medida:

VII.- Dictaminar, a solicitud de parte, sobre la necesidad técnica de calibración o medición de los laboratorios que integran el Sistema Nacional de Calibración.

Cada señalar la importancia de las actividades de calibración que se realiza en la Secretaría, para transferir la trazabilidad del patrón nacional a las máquinas de pruebas y controlados en sus laboratorios, haciendo hincapié en la necesidad de observar los cuidados que deben darseles a los equipos de prueba, por parte de los usuarios, a fin de asegurar el mantenimiento de la trazabilidad antes mencionada. Por ello es necesario que se resdote las indicaciones dadas por los técnicos de mantenimiento y calibración sobre el manejo y operación de los equipos, condiciones de temperatura y humedad en su instalación y el estricto apego a las indicaciones sobre el rango de carga en que deben funcionar.

Finalmente, es de tenerse en cuenta que así como los equipos de prueba se han venido sometiendo a una estricta revisión en su mantenimiento / calibración, también es conveniente considerar en forma paralela la capacitación del personal que los opera, a fin de minimizar los errores que por este concepto son inevitables en los resultados finales de los ensayos de laboratorio.

SECOFI
NORMA MEXICANA

MX-CV-23-1994.- Clasificación de los Instrumentos probadores de fuerza

Clase	Valores máximos permisibles del instrumento probador de fuerza				Fuerza de calibración
	Error relativo				incertidumbre (%)
	de repetibilidad. b	de interpolación f _c	de cero f _o	de reversibilidad* v	
0	0,10	± 0,05	± 0,05	0,15	± 0,025
1	0,20	± 0,10	± 0,10	0,30	± 0,05
2	0,40	± 0,20	± 0,20	0,50	± 0,10
3	0,50	± 0,30	± 0,30	0,80	± 0,20

MX-CH-27-1994.- Clasificación de máquinas de ensayo.

CLASE DE MAQUINA	Máximo valor permisible %				resolución relativa a
	Error relativo de				
	Exactitud q	repetibilidad b	reversibilidad u *	cero f _o	
0	± 0,5	0,5	0,75	± 0,05	0,25
1	± 1,0	1,0	1,5	± 0,1	0,5
2	± 2,0	2,0	3,0	± 0,2	1,0
3	± 3,0	3,0	4,5	± 0,3	1,5

*.-La verificación de la reversibilidad debe ser realizada a solicitud de parte.

**PATRONES DE FUERZA Y DISPOSITIVOS PARA LA
CALIBRACION DE MAQUINAS DE ENSAYE**

CLASIFICACION DE PATRONES O ESTANDARES

PATRON O ESTANDAR PRIMARIO

- **MAQUINA DE CALIBRACION DE PESOS MUERTOS**

PATRON O ESTANDAR SECUNDARIO

- **MÁQUINA DE PALANCAS**
- **MAQUINAS HIDRAULICAS**
- **DISPOSITIVOS ELASTICOS**

**CAPSULAS DE MERCURIO
ANILLOS DE CARGA
CELDAS DE CARGA
RESORTES**

- **BALANZAS**

TABLA 3.5.— NORMAS PARA EL CONTROL DEL CONCRETO

Variación total					
Clase de operación	Desviación estándar para diferentes normas de control kg/cm²				
	excelente	muy buena	buena	aceptable	pobre
Pruebas de control en el campo	por debajo de 25	de 25 a 35	de 35 a 40	de 40 a 50	sobre 50
Mezclas de prueba de laboratorio	por debajo de 15	de 15 a 17	de 17 a 20	de 20 a 25	sobre 25

Variación en las pruebas					
Clase de operación	Coefficiente de variación para diferentes normas de control, en porcentaje				
	excelente	muy bueno	bueno	aceptable	pobre
Pruebas de control en el campo	por debajo de 3	de 3 a 4	de 4 a 5	de 5 a 6	arriba de 6
Mezclas de prueba de laboratorio	por debajo de 2	de 2 a 3	de 3 a 4	de 4 a 5	arriba de 5

Factores para Calcular Límites de Cartas de Control

Tamaño de Muestra	Carta \bar{X}					Carta S				Carta R						
	Factores para límites			Factores línea central		Factores para límites				Factores línea central			Factores para límites			
	A	A ₁	A ₂	c ₂	1/c ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	3.760	1.880	0.5642	1.7725	0	1.843	0	3.267	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	2.394	1.023	0.7236	1.3820	0	1.858	0	2.568	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.573
4	1.500	1.880	0.729	0.7979	1.2533	0	1.808	0	2.266	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	1.596	0.577	0.8407	1.1894	0	1.756	0	2.089	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.113

		CARTA \bar{X}	CARTA R
CARTAS R y \bar{X} estimados a partir de \bar{R} y \bar{X}		LSC = $\bar{X} + A_2 \bar{R}$	LSC = $D_4 \bar{R}$
		LC = \bar{X}	LC = \bar{R}
		LIC = $\bar{X} - A_2 \bar{R}$	LIC = $D_3 \bar{R}$

		CARTA \bar{X}	CARTA S
CARTAS S y \bar{X} estimados a partir de \bar{S} y \bar{X}		LSC = $\bar{X} + A_1 \bar{S}$	LSC = $B_4 \bar{S}$
		LC = \bar{X}	LC = \bar{S}
		LIC = $\bar{X} - A_1 \bar{S}$	LIC = $B_3 \bar{S}$

PATRONES Y DISPOSITIVOS PARA LA CALIBRACION DE MAQUINAS DE ENSAYO

PATRON SECUNDARIO

ES AQUEL INSTRUMENTO O MECANISMO CUYA CALIBRACION HA SIDO ESTABLECIDA POR COMPARACION CON ESTANDARES PRIMARIOS.

LOS ESTANDARES SECUNDARIOS PUEDEN SER INSTRUMENTOS ELASTICOS DE MEDICION DE FUERZA, EN COMBINACION CON UNA MAQUINA O MECANISMO PARA LA APLICACION DE FUERZA O ALGUNA OTRA FORMA DE MECANISMO HIDRAULICO O MECANICO QUE MULTIPLIQUE UNA FUERZA DE PESO MUERTO RELATIVAMENTE PEQUENO.

LOS INSTRUMENTOS ELASTICOS DE MEDICION DE FUERZA DEBEN SER CALIBRADOS POR ESTANDARES PRIMARIOS Y USADOS SOLO SOBRE EL RANGO DE CARGA CLASE AA.

LOS ESTANDARES SECUNDARIOS CON CAPACIDADES QUE EXCEDAN DE 1.000.000 LBF (453.6 TF) NO REQUIEREN SER CALIBRADOS POR ESTANDARES PRIMARIOS.

PATRONES Y DISPOSITIVOS PARA LA CLIBRACION DE MAQUINAS DE ENSAYE

PATRON PRIMARIO

ES AQUEL QUE ESTA REPRESENTADO POR UNO O VARIOS BLOQUES DE PESOS MUERTOS.

EL PATRON PRIMARIO O DE PESOS MUERTOS SE APLICA DIRECTAMENTE SIN EMPLEO DE MECANISMOS. TALES COMO PALANCAS MULTIPLICADORAS, HIDRAULICOS O SIMILAR. CUYA MASA HA SIDO DETERMINADA POR COMPARACION CON ESTANDARES DE REFERENCIA OBTENIDOS DE PATRON NACIONALES DE MASA.

ACTUALMENTE EL ESTANDAR DE FUERZA PRIMARIO DE MAYOR CAPACIDAD QUE EXISTE, SE ENCUENTRA EN EL "NATIONAL INSTITUTE OF STANDARD AND TECHNOLOGY" (NIST), EN LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA.

EN MEXICO SE CUENTA CON UNA MAQUINA DE PESOS MUERTOS CERTIFICADA COMO PATRON PRIMARIO NACIONAL. QUE SE ENCUENTRA EN LA GERENCIA DE INGENIERIA EXPERIMENTAL Y CONTROL DE LA COMISION FERDERAL DE ELECTRCIDAD, EN MEXICO, DF

PATRONES Y DISPOSITIVOS PARA LA CALIBRACION DE MAQUINAS DE EN

PATRON

INSTRUMENTO PARA MEDIR DESTINADO A MATERIALIZAR, CONSERVAR Y REPRODUCIR UNA UNIDAD DE MEDIDA DE UNA MAGNITUD DETERMINADA.

PATRON NACIONAL

ES EL PATRON AUTORIZADO PARA OBTENER, FIJAR O CONSTATAR EL VALOR DE OTROS PATRONES DE LA MISMA MAGNITUD. QUE SIRVE DE BASE PARA LA FIJACION DE LOS VALORES DE TODOS LOS PATRONES DE LA MAGNITUD DADA.

PATRON DE FUERZA

APARATO O SISTEMA DE MEDICION DESTINADO A DEFINIR, REALIZAR, CONSERVAR O REPRODUCIR LA UNIDAD DE FUERZA PARA TRASMITIRLO POR COMPARACION A OTROS INSTRUMENTOS.

NOTAS: EL PATRON DE FUERZA ESTA REPRESENTADO POR EL PESO DE UN KILOGRAMO MASA DE UN BLOQUE DE PLATINO-IRIDIO DE FORMA CILINDRICA.

EL KILOGRAMO FUERZA (kgf) SE DEFINE COMO LA FUERZA CON LA QUE ES ATRAIDO UN CUERPO DE UN KILOGRAMO MASA EN UN LUGAR DONDE LA GRAVEDAD TERRESTRE TIENE UN VALOR DE 9.80665 m/s^2 .

EL NEWTON (N) ES LA FUERZA QUE AL SER APLICADA A UN CUERPO DE UN KILOGRAMO MASA LE PRODUCE UNA ACELERACION DE 1 m/s^2 .

**APLICACIONES DE RECICLAJE DE PLASTICOS PARA CONSTRUCCION DE
CARRETERAS.**

DICIEMBRE. 1994

PREPARADO POR EL

DEPARTAMENTO DE CARRETERAS ESTATALES DE NUEVO MEXICO
SANTA FE, NUEVO MEXICO.

PREPARADO POR

INNOVACION APLICADA

BOX 501. EL CAJON. CA. 92020
(619) 447-3995

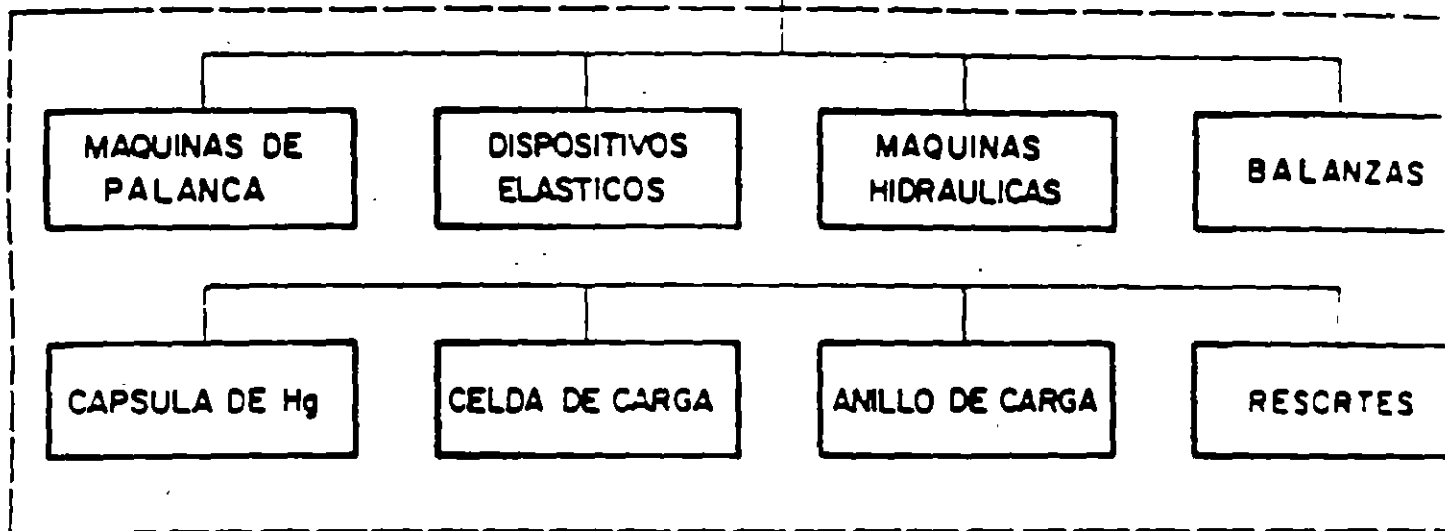
PATRON ó ESTANDAR PRIMARIO
BLOQUE DE PLATINO-IRIDIO DE
FORMA CLINDRICA DE 1 kgm.

TRAZABILIDAD = 0.005 %

PATRON ó ESTANDAR PRIMARIO
DE PESOS MUERTOS.

TRAZABILIDAD = 0.05 %

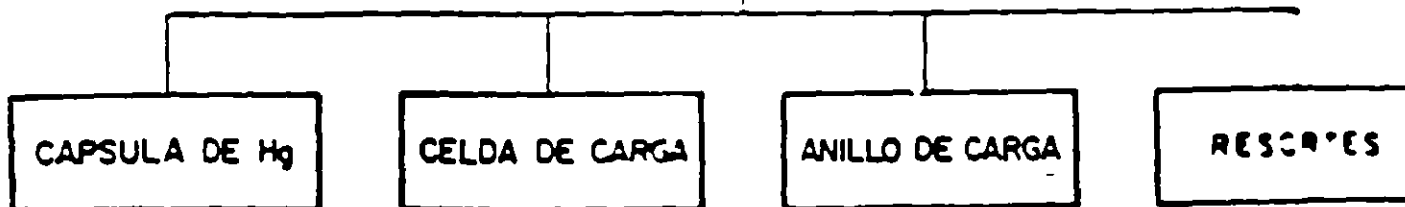
PATRON ó ESTANDAR SECUNDARIO
CLASE AA



TRAZABILIDAD = 0.25 %

PATRON DE TRABAJO PARA
CALIBRACION DE MAQUINAS

TRAZABILIDAD = 0.5 ó 3.0 %



PATRON ó ESTANDAR PRIMARIO
BLOQUE DE PLATINO-IRIDIO DE
FORMA CLINDRICA DE 1 kgm.

TRAZABILIDAD = 0.005 %

PATRON ó ESTANDAR PRIMARIO
DE PESOS MUERTOS.

TRAZABILIDAD = 0.05 %

PATRON ó ESTANDAR SECUNDARIO
CLASE AA

MAQUINAS DE
PALANCA

DISPOSITIVOS
ELASTICOS

MAQUINAS
HIDRAULICAS

BALANZAS

CAPSULA DE Hg

CELDA DE CARGA

ANILLO DE CARGA

RESORTES

TRAZABILIDAD = 0.25 %

PATRON DE TRABAJO PARA
CALIBRACION DE MAQUINAS

TRAZABILIDAD = 0.5 ó 3.0 %

CAPSULA DE Hg

CELDA DE CARGA

ANILLO DE CARGA

RESORTES

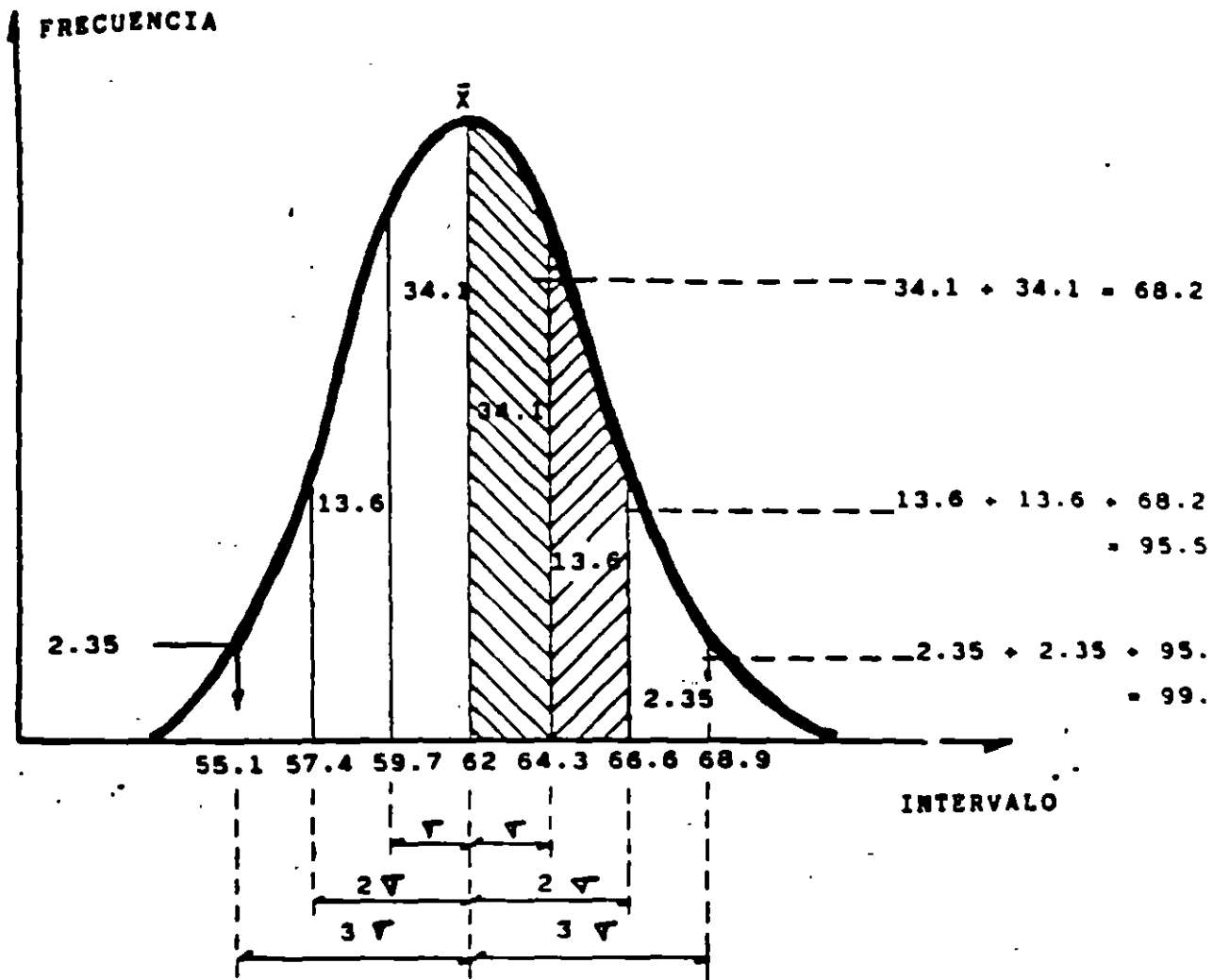


Figura 3. Porcentajes del área bajo la curva de distribución normal, correspondiente a distintos múltiplos de σ .

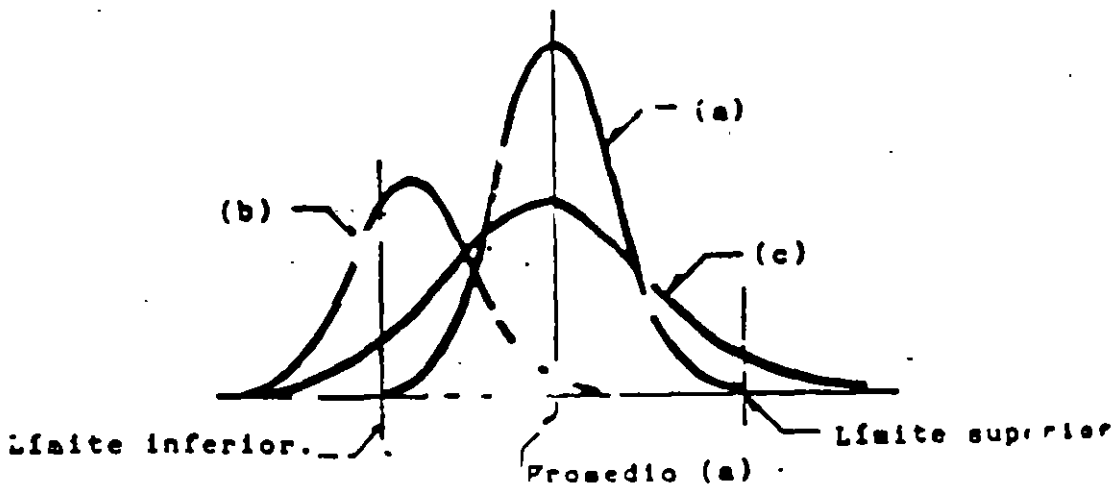


Figura 4. Posiciones de interés de una curva de distribución de datos respecto a límites de especificación.

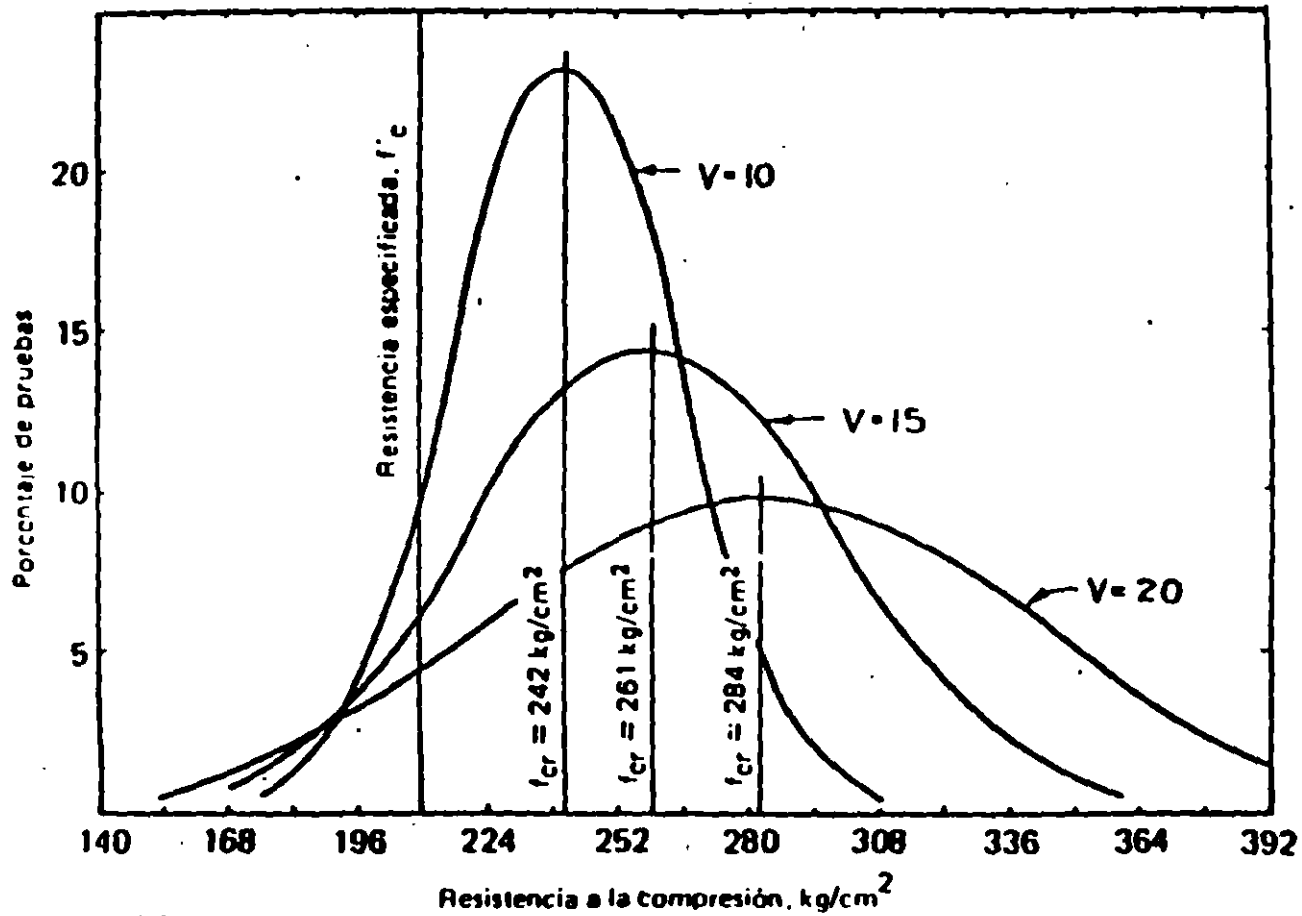


Fig. 4.1 (c).— Curvas normales de frecuencia para coeficientes de variación de 10, 15 y 20^o/o

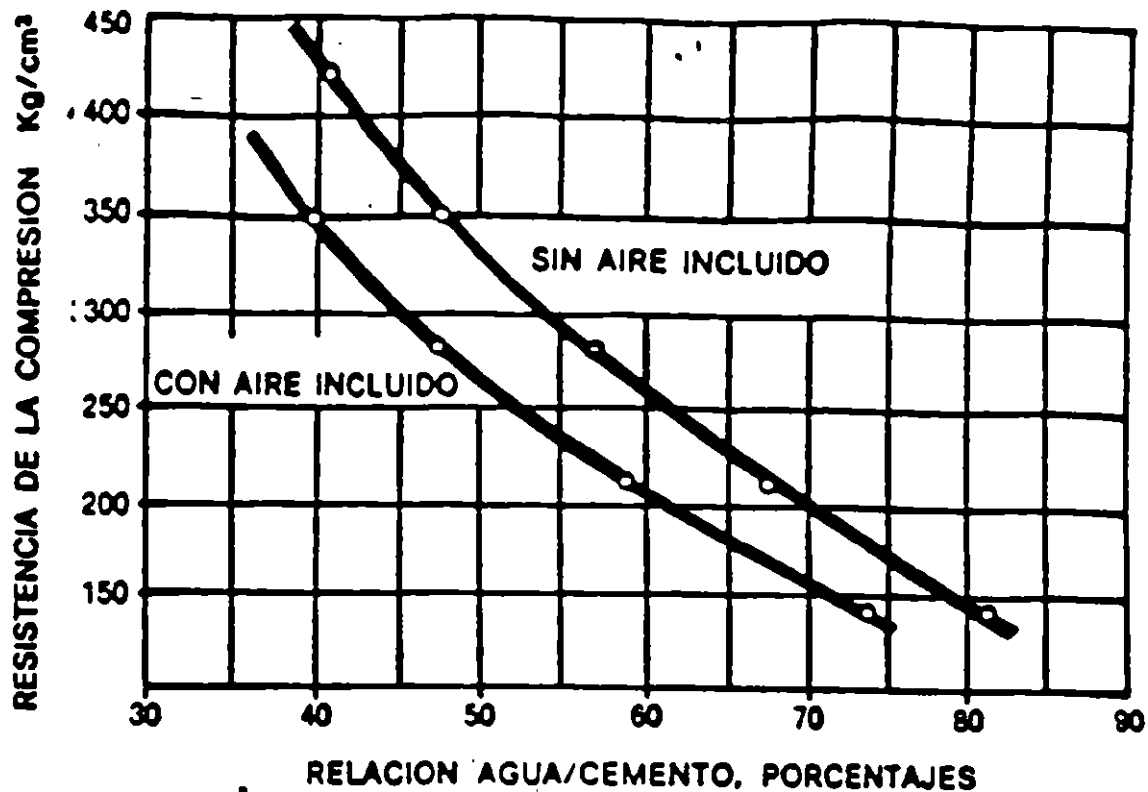


Fig. 4. Curvas típicas de resistencia y relación agua/cemento

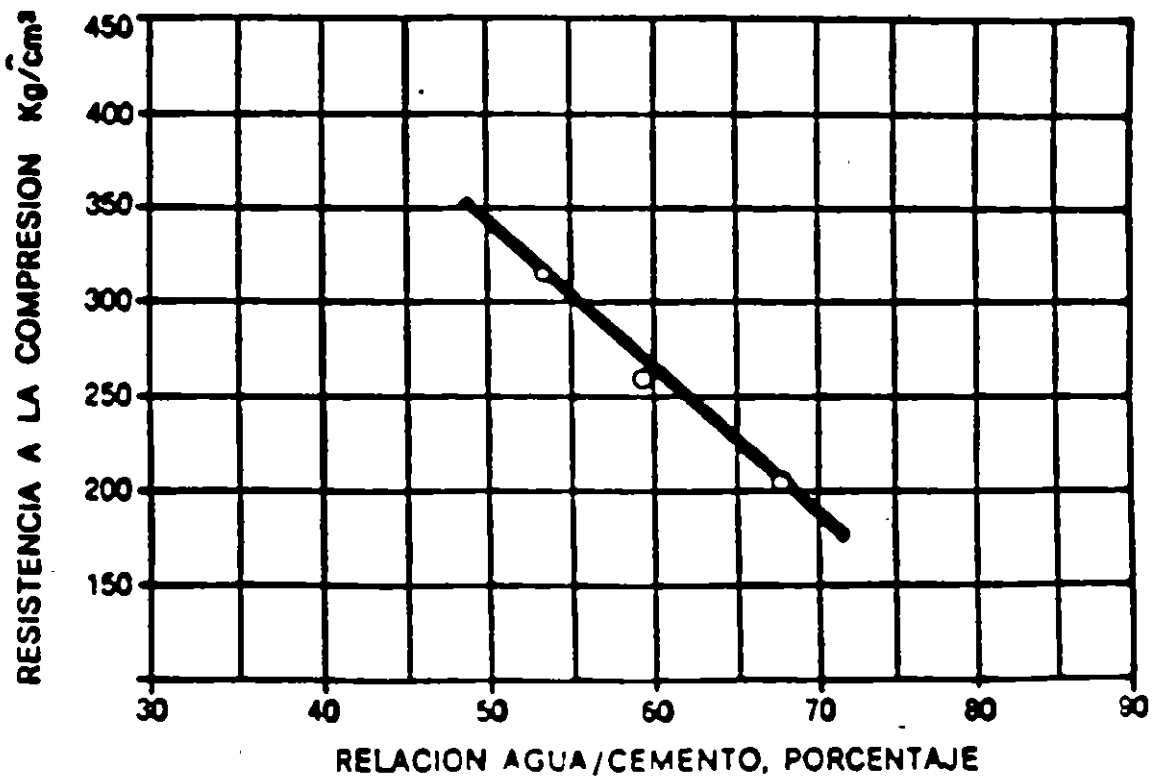


Fig. 5. Curva típica de tres puntos

REGLAMENTO ACT-318-77

PROPORCIONAMIENTO EN BASE A LA EXPERIENCIA DE CAMPO

Cuando se tenga un registro de las instalaciones para la producción de concreto, con base en por lo menos 30 pruebas consecutivas de resistencia, la resistencia a la compresión promedio requerida para seleccionar la proporción deberá exceder a la f_c por lo menos en:

RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA

DESVIACION ESTANDAR	RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA
20 Kg/cm ² o menos	$f_c + 30$ Kg/cm ²
20 - 30	$f_c + 40$ Kg/cm ²
30 - 35	$f_c + 50$ Kg/cm ²
35 - 40	$f_c + 65$ Kg/cm ²
40	$f_c + 85$ kg/cm ²
Desconocida	$f_c + 85$ Kg/cm ²

Las pruebas de resistencias para establecer la desviación estándar deben verificarse en concretos - producidos para obtener una resistencia o resistencias especificadas hasta de 70 Kg/cm² arriba de lo especificado.

Figura 2. Formas de la curva de distribución normal.

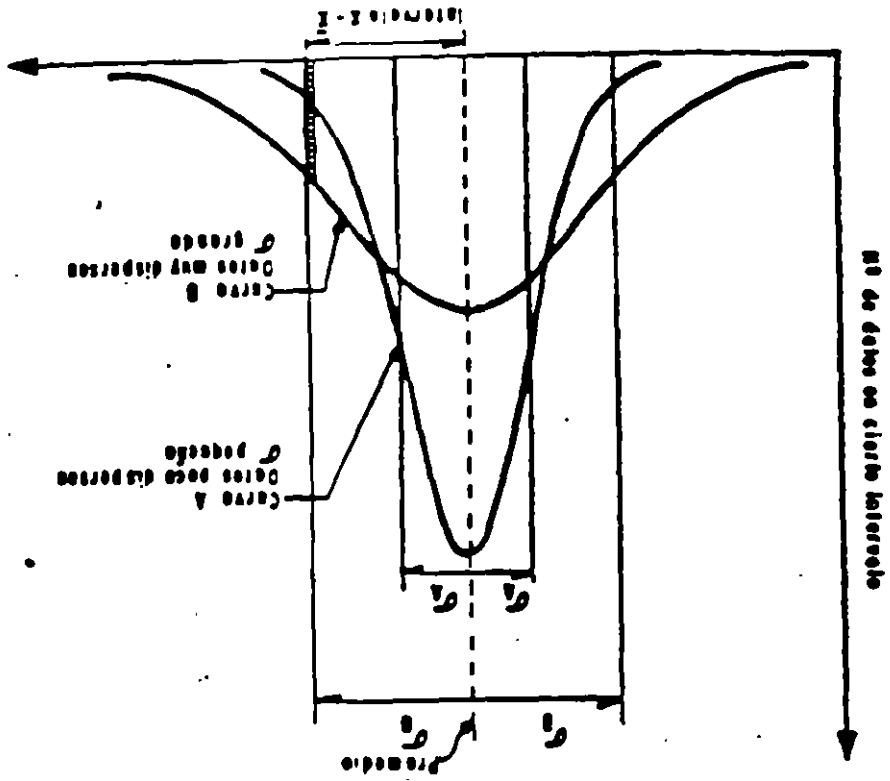


Figura 1. Histogramas de los datos de la Tabla 1.

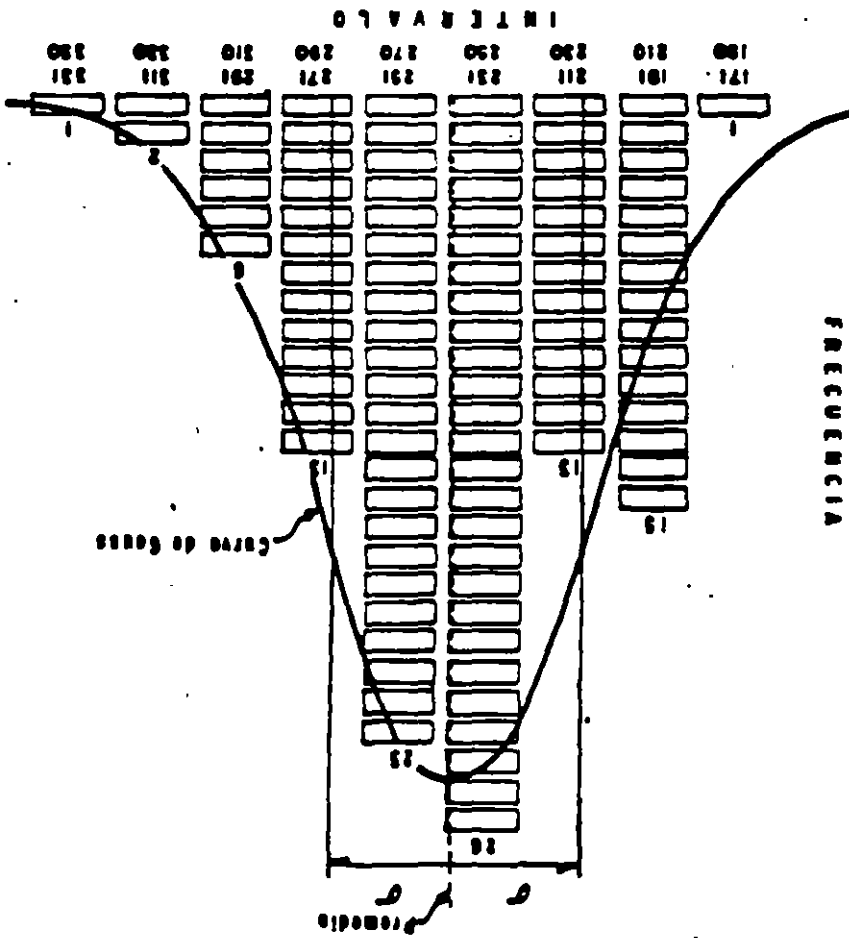


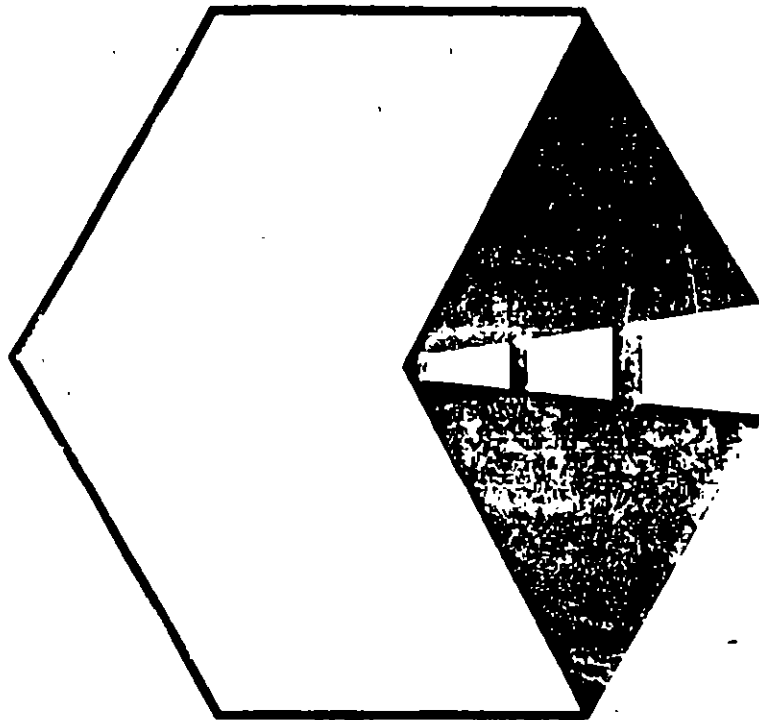
TABLA 2.1.- PRINCIPALES FUENTES DE VARIACION EN LA RESISTENCIA

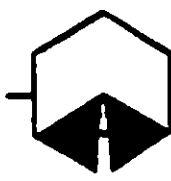
<p>Variaciones en las propiedades del concreto</p>	<p>Discrepancias en los métodos de prueba</p>
<p>Cambios en la relación agua/cemento: Deficiente control de agua Excesiva variación de humedad en el agregado Retemplado</p>	<p>Procedimientos incorrectos en el muestreo</p>
<p>Variaciones en el requerimiento, de agua: Granulometría del agregado, absorción, forma de la partícula Propiedades del cemento y del aditivo Contenido de aire Tiempo de entrega y temperatura</p>	<p>Variaciones debidas a técnicas de fabricación Manejo y curado de cilindros recién fabricados Moldes de calidad deficiente</p>
<p>Variaciones en las características y proporciones de los ingredientes: Agregados Cemento Puzolanas Aditivos</p>	<p>Cambios en el curado: Variaciones en la temperatura Humedad variable Retrasos en el acarreo de los cilindros al laboratorio</p>
<p>Variaciones en la transportación, la colocación y la compactación</p>	<p>Deficientes procedimientos de prueba Cabeceado de los cilindros Pruebas de compresión</p>
<p>Variaciones en la temperatura y en el curado</p>	

TABLA 3.5.- NORMAS PARA EL CONTROL DEL CONCRETO

Variación total					
Clase de operación	Desviación estándar para diferentes normas de control kg/cm²				
	excelente	muy buena	buena	aceptable	pobre
Pruebas de control en el campo	por debajo de 25	de 25 a 35	de 35 a 40	de 40 a 50	sobre 50
Mezclas de prueba de laboratorio	por debajo de 15	de 15 a 17	de 17 a 20	de 20 a 25	sobre 25

Variación en las pruebas					
Clase de operación	Coefficiente de variación para diferentes normas de control, en porcentaje				
	excelente	muy bueno	bueno	aceptable	pobre
Pruebas de control en el campo	por debajo de 3	de 3 a 4	de 4 a 5	de 5 a 6	arriba de 6
Mezclas de prueba de laboratorio	por debajo de 2	de 2 a 3	de 3 a 4	de 4 a 5	arriba de 5





PRIDARSA
PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA
DE ASFALTOS Y REBAJADOS, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CARRIZALITO
KM. 1.2 IRAPUATO, GTO.
TELS. Y FAX: (91-462) 6-23-40, 7-57-43
7-57-33

PRIDARSA

DIVISIÓN
ASFALTOS
MODIFICADOS



PRIDARSA

PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA
DE ASFALTO Y REBAJADOS, S.A. DE C.V.

Irapuato, Gto. 20 de febrero de 1996.

ESTIMADO CLIENTE:

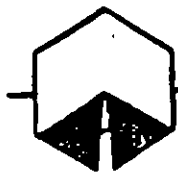
En virtud de la demanda existente en la tecnología de los pavimentos flexibles para contar con mejores materiales asfálticos en la construcción, conservación y mantenimiento de los mismos; y en un afán por satisfacer dicha demanda estando siempre a la vanguardia en materia de innovaciones tecnológicas, ponemos a su consideración nuestra nueva área de producción PRIDARSA DIVISIÓN ASFALTOS MODIFICADOS, sumado a la DIVISIÓN EMULSIONES ASFALTICAS YA EXISTENTE las cuales estamos seguros cumplirán con las expectativas esperadas por ustedes en lo referente a este tipo de productos, y que impactará el mercado nacional por las innovaciones que esto conlleva en el desarrollo de la tecnología de carreteras.

Las plantas con que contamos están fabricadas con la más avanzada tecnología mundial y son capaces de producir emulsiones y modificar asfaltos con cualquiera de los modificadores conocidos actualmente, logrando un producto final con altas características en su manejo y aplicación, así como una gran estabilidad al almacenamiento. Dicha modificación se hace en base al tipo de pétreo que se pretende utilizar y a las características reológicas que se desean mejorar.

Para cualquier información o aclaración al respecto, quedamos de ustedes.

Atentamente,

PRIDARSA.



I. INTRODUCCIÓN.

AUMENTO EN EXIGENCIAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES HA FORZADO A:

- MEJOR SELECCIÓN DE MATERIALES.
- MEJOR DISEÑO DE MEZCLAS.
- MEJORES MEZCLAS:

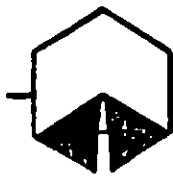
.TÉCNICAS DE FABRICACIÓN.
.PUESTA EN OBRA.
.COMPACTACIÓN.

¿ Que es un asfalto ?

ES UN SISTEMA COLOIDAL DE HIDROCARBUROS. PROVENIENTE DE LA DESTILACIÓN NATURAL O ARTIFICIAL DEL PETRÓLEO, SEMI-SOLIDO A TEMPERATURA AMBIENTE DE COLOR OSCURO, CON PROPIEDADES AGLUTINANTES. ESTA CONSTITUIDO PRINCIPALMENTE POR :

ASFÁLTENOS (CONFIEREN CARACTERÍSTICAS DE DUREZA)

MALTENOS (RESINAS Y ACEITES) CONFIERE CARACTERÍSTICAS DE MANEJABILIDAD.



¿ Que es un asfalto modificado ?

ES UN ASFALTO AL QUE SE LE AGREGAN ALGÚN O ALGUNOS MATERIALES YA SEAN PLASTIFICADOS, RESINOSOS O MINERALES, LOS CUALES LE CAMBIAN SUS PROPIEDADES ORIGINALES, DE MANERA IRREVERSIBLE, MEJORÁNDOLAS.

COMPOSICIÓN TIPICA DEL ASFALTO

ELEMENTOS	%
ASFALTENOS	15 - 30
RESINAS	25 - 40
CICLICOS	40 - 65
SATURADOS	5 - 20

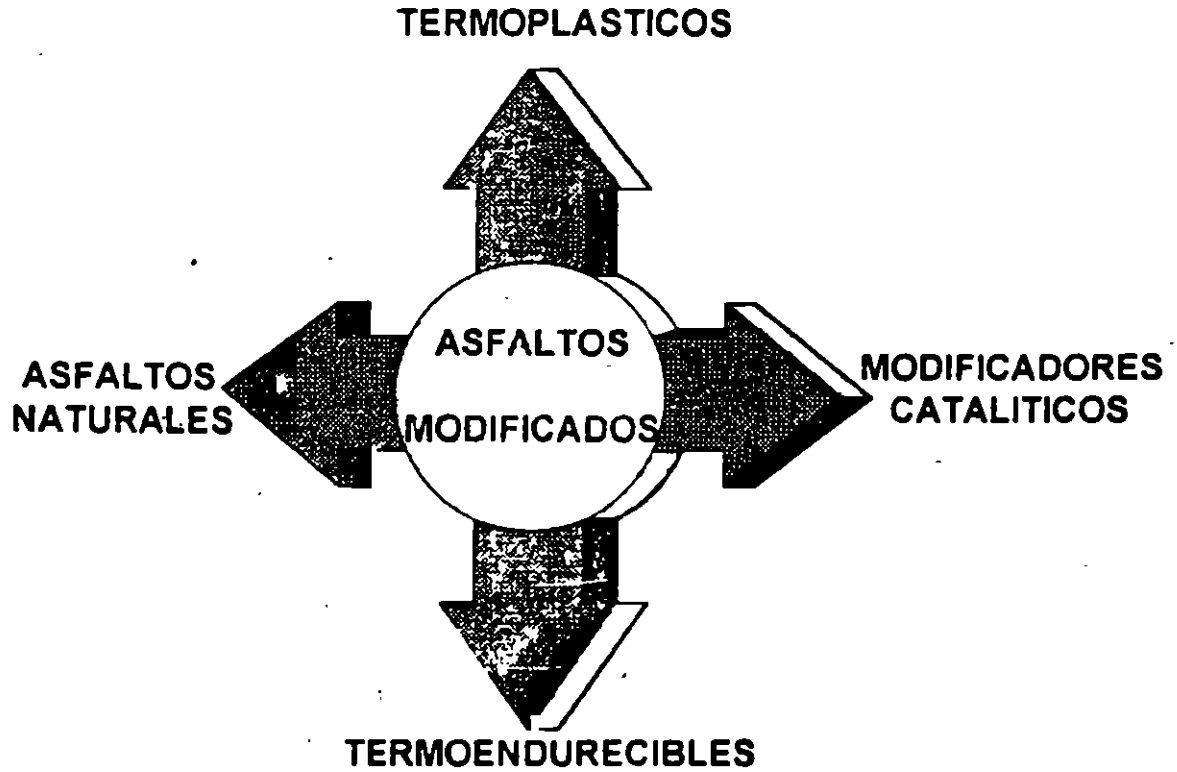
¿ PORQUÉ MODIFICAR ?

- DISEÑO DE CARPETAS ASFÁLTICAS CUMPLAN CON REQUISITOS CLIMÁTICOS SIN RIESGO, AUMENTO EN DURABILIDAD, ETC.
- LO ANTERIOR AÚN CON EL AUMENTO ACTUAL DE TRÁFICO, ESFUERZOS DE FRENADO, CARGAS AXIALES, TIPOS DE LLANTAS, ETC.



PRIDARSA
PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA
DE ASFALTOS Y REBAJADOS, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CARRIZALITO
KM. 1.2 IRAPUATO, GTO.
TELS. Y FAX: (91-462) 6-23-40, 7-57-48
7-57-33





PRIDARSA

PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA DE
ASFALTOS Y POLÍMEROS, S.A. DE C.V.

DEBIDA Y PLANTA: CAMINO AL CAJIRIZALITO
KM 1.7, IIAPIJATO, GTO.
TELE. Y FAX : (91-462) 6-23-40, 7-57-43
7-57-33

El propósito de modificar asfalto con polímeros es mejorar el funcionamiento de los pavimentos. Considerando que los aditivos poliméricos cuesten veinte veces más que el asfalto mismo, debemos entender que al mejorar la durabilidad del pavimento, tenemos la tecnología como un costo efectivo.

Con esta modificación podemos contar con un material que cumpla con las características requeridas para construir CARRETERAS DE ALTAS ESPECIFICACIONES como lo establece, por ejemplo, el actual programa SHRP (Strategic Highway Research Program) de USA.

¿ QUE SIGNIFICA EL QUE LOS POLÍMEROS " DEBEN MEJORAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS" ?

Significa que usando polímeros deben resultar carpetas asfálticas que cumplan con requisitos climáticos sin riesgo.

Significa que se pueden diseñar carpetas que cumplan con requisitos de aumento en la durabilidad de caminos y carreteras, aún con el actual incremento del tráfico, cargas axiales y presión de llantas.

Significa simplemente que seremos capaces de diseñar carpetas que reduzcan los costos de las estructuras debido a su mayor ciclo de vida útil, así como a la menor cantidad de material asfáltico utilizado.



FRIDARSA

PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA DE
ASFALTOS Y REBAJADOS, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CARREZALITO
K.M. 1.2, HUAPUATO, GTO.
TELS. Y FAX : (91-462) 6-23-40, 7-57-43
7-57-33

¿ QUE PROPIEDADES DEL ASFALTO SE MODIFICAN CON LOS POLÍMEROS ?

Usando polímeros en asfalto se observa mejoría en las siguientes propiedades:

- Resistencia a la ruptura por fatiga.
- Resistencia a la deformación permanente.
- Disminuye la fragilidad en tiempo de frío.
- Aumenta la cohesión en tiempos de calor.
- Mejora la resistencia al impacto.
- Menor fuga en mezclas de grado abierto.
- Menos sensible a la humedad.
- Reduce el endurecimiento por la edad.
- Mejora la adherencia de los agregados.

Logrando los objetivos anteriores, el asfalto se puede destinar a :

Recubrimientos para carreteras de alto tráfico.

Aumentar la durabilidad de las carreteras y/o disminuir el espesor de las mismas.

La lista muestra que muchas de las propiedades del asfalto se pueden mejorar usando polímeros.

La mejoría de un grupo específico de propiedades, depende de la combinación polímero - asfalto.



PRIDARSA

PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA DE
ASFALTOS Y MEZCLAS, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CARRIZALITO
K.M. 1.2, IHAPUATO, GTO.
TELS. Y FAX : (91-462) 6-23-40, 7-57-43
7-57-33

Muchos de los polímeros usados para modificar asfaltos se originan en otras industrias, algunos de ellos son productos que han sido reciclados: el hule de llanta es un ejemplo notable.

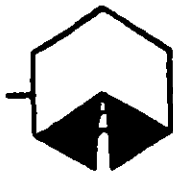
Con asfalto modificado se obtienen pavimentos más rígidos, más resistentes, lo que significa más larga vida, menores costos de mantenimiento para cualquier camino, carretera, pista de aeropuerto, estacionamiento, etc.

El asfalto modificado tiene aplicación en mezclas en caliente para obtener concretos asfálticos más rígidos, ya que es más resistente a las rodéras y al mezclado, reduce el rompimiento a bajas temperaturas, combate el temblamiento por fatiga y disminuye el envejecimiento.

El asfalto modificado forma una película espesa sobre el agregado y no hay problemas de fuga, humo o para la limpieza de equipo.

El asfalto modificado también tiene aplicación en emulsiones para riegos de sello, ya que presentan más rápida adhesividad y larga vida.

Se ha probado que el asfalto modificado prolonga la vida útil del pavimento y proporciona otros beneficios en mezclas en caliente para concretos asfálticos o en emulsiones para mezclas asfálticas y tratamientos superficiales.



PRIDARSA

PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA
DE ASFALTOS Y REBAJADOS, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CARRIZALITO

KM. 1.2 IRAPUATO, GTO.

TELS. Y FAX: (01-462) 6-23-46, 7-57-43

7-57-33

LOS PRINCIPALES POLÍMEROS que se han probado son los siguientes:

TERMOENDURECIBLES: Resinas epóxicas.
Poliuretano.
Poliésteres.

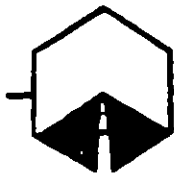
TERMOPLÁSTICOS:

Copolímeros.- Cloruro de polivinilo
Poliétileno
Poliisobuteno.

Elastómeros

Homopolímeros.- SBR (Estireno-Butadieno)
EVA Etileno-acetato de
vinilo
SBS (Estireno-Butadieno-
Estireno)
Hules o cauchos
(naturales o sintéticos)

De los polímeros anteriores los más utilizados para modificar las propiedades del asfalto son el SBS y el HULE DE LLANTA.



PRIDARSA
PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA
DE ASFALTOS Y REBAJADOS, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CARRIZALITO

KM. 1.2 IRAPUATO, GTO.

TELS. Y FAX: (01-462) 6-23-40, 7-57-43

7-57-33

¿ QUE ES EL SBS ?

SON LAS SIGLAS DEL POLIMERO LLAMADO (en ingles)

Styrene

Butadiene

Styrene

SON COPOLIMEROS DE ESTIRENO Y BUTADIENO
ACOMODADOS EN BLOQUES.

*LINEALES -DIBLOQUE
 -TRIBLOQUE

EXISTEN ALGUNAS VARIANTES DE POLIMEROS, APARTE
DE LAS YA MENCIONADAS, COMO EJEMPLO SE PUEDEN
MENCIONAR

- * ÓLEO EXTENDIDOS
- * LINEALES
- * MULTIBRAZOS
- * RAMIFICADO



FRIDARSA

PROMOTORA INDUSTRIALIZADORA DE
ASFIALTOS Y ENHALADOS, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CANTONALITO
KM 1.2, HUAPUATO, GTO.

TELE. Y FAX : (31-462) 6-23-40, 7-57-43
7-57-33

PRINCIPALES EFECTOS DEL SBS EN LAS PROPIEDADES DEL ASEALTO

Entre los principales cuestionamientos cuando se introduce una nueva tecnología, está el "¿por qué usarla?".

La mejor forma de responder esta pregunta es mostrando la finalidad y las ventajas de la misma en relación a la convencional.

Para conocer los beneficios de la tecnología del asfalto modificado con polímeros es necesario dar la siguiente comparación.

A.- SISTEMA CONVENCIONAL

La utilización del asfalto convencional en las capas de pavimento es altamente conocido: el cemento portland o es usado como aglutinante de los agregados minerales, ligándolos flexiblemente.

Debido a las cargas de tránsito, el pavimento flexible presenta deflexiones, en cada punto de aplicación de la carga aparece un bache de deformación, constituido por áreas de compresión y áreas de tensión.

En las áreas comprimidas, los agregados del esqueleto mineral se aproximan más, por lo que, el ligante es "deformado"; sin regresar a su posición original, los agregados se separan de nuevo teniendo una deformación del ligante en sentido contrario.

Similarmente en las áreas tensadas los agregados se separan "estirando" al ligante; sin regresar a su posición original los agregados se aproximan de nuevo, teniendo una "deformación" del ligante en sentido contrario.



PRIDARSA

PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA DE
ASFALTOS Y EMULSIONES, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CASTIHALITO
KM 1.2, HUAMPALO, GTO.
TELE. Y FAX : (91-462) 6-23-40, 7-57-43
7-57-33

Así mismo, en cada movimiento de vaí-ven del pavimento por la aplicación de las cargas, hay una "deformación" doble del ligante que une a los agregados, en sentidos opuestos.

Como el asfalto es un sistema coloidal constituido por micelas (asfaltenos) dispersas en un medio aceitoso (maltenos), se percibe fácilmente que en esta "deformación" de la película del ligante va a haber un desplazamiento de las micelas en ambas direcciones, entre tanto no siempre las micelas regresan al punto original, ocasionando un desplazamiento micelar residual.

La acumulación sucesiva de estos desplazamientos micelares residuales, llevan a una disminución de la capacidad de ir y venir de las micelas, por estrangulamiento de las secciones transversales de la película del ligante, lo que disminuye mucho la organización aleatoria responsable de la capacidad del flujo plástico del ligante a lo largo del tiempo.

Después de un determinado número de aplicaciones de la carga y a consecuencia de los desplazamientos micelares residuales, termina la probabilidad de la reorganización aleatoria del retorno de las micelas, lo que genera la ruptura de la sección transversal del ligante en cualquier punto, ocasionando la aparición de fisuras, que anuncian el final de la vida útil del pavimento.

B.- SISTEMA MODIFICADO

La filosofía básica de la modificación de un ligante, es justamente el aumento de la probabilidad del retorno de las micelas a su posición original, en ese juego de vaí-ven en que son sometidas a lo largo de la vida útil del pavimento, debido a los efectos del tráfico, el

sistema en relación al del cemento asfáltico puro. significativamente las propiedades mecánicas y reológicas del un sistema de moles interconectadas por las cabezas que alteran naturaleza química y por tanto física. Este enganchamiento genera "cabezas" se enganchan unas con otras, por ser de la misma Los resortes son distribuidos en todo el cemento asfáltico y sus sus extremos, formando el cemento un verdadero "resorte" lo que es necesario que dichos moles tengan grupos voluminosos en estiradas (conformadas), cuando una sola o más como un resorte, por También es evidente que los moles individuales después de involucramiento de las "moles" micelas a su posición original es muy fácilmente favorecido por el re- deformación. Y terminada la aplicación de la carga, el retorno del las "moles", estas se están ofreciendo mayor resistencia a la fuera pura. Micelas que, como está envuelto por una red de pavimento, el cemento asfáltico se comporta exactamente como si En estas condiciones, cuando el ligante modificado trabaja en el asfáltico. un sistema de "moles" entrelazadas en el interior del cemento que, distribuido en todo el volumen del ligante, pueda proveer de lo anterior se hace posible con un asfalto modificado por un sistema vida útil. necesarios para la reparación del ligante, lo que equivale a ampliar su posición original eleva el número de aplicaciones de carga aumento de esa probabilidad del retorno de las micelas a su





FRIDARSA
PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA DE
ASALTOS Y REBAJADOS, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CARRIZALITO
KM 1.2, IIAPIJUAIO, GTO.
TELS. Y FAX : (31-462) 6-23-40, 7-57-43
7-57-33

C.- MODIFICADORES.

Como se mencionó anteriormente, son numerosos los polímeros usados como modificadores del cemento asfáltico. Por lo que se necesita una aclaración de su naturaleza y funcionamiento, para estar en condiciones de evaluar su comportamiento.

Los polímeros son productos orgánicos macromoleculares, naturales o sintéticos, constituidos por la unión secuencial de pequeñas moléculas llamadas monómeros.

Los elastómeros termoplásticos, son los polímeros que presentan simultáneamente propiedades elastoméricas y termoplásticas con carácter irreversible. En un amplio intervalo de temperaturas, cuyos límites dependen de los monómeros constituyentes y de la proporción entre ellos, poseen propiedades elásticas, con comportamiento semejante a los hules vulcanizados. Esto se consigue en virtud de que, parte de la macromolécula está constituida por una larga secuencia en vuelta (en forma de "moles") que se desenvuelven y reenvuelven en un alto número de formas posibles de ser configuradas durante el proceso, lo que caracteriza una alta probabilidad intrínseca, que equivale a una alta elasticidad entrópica de configuración.

Las excelentes propiedades mecánicas son conferidas por los voluminosos grupos que funcionan como puntas de las "moles", confiriendo al producto una forma de resortes; como los voluminosos grupos de las extremidades se entrelazan, confieren al polímero una vulcanización natural, formando una estructura espacial altamente flexible, debido a las "moles".



PRIDARSA

PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA DE
ASFALTOS Y EMULSIONES, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CARRIZALITO
K.M 1.2, IHAPUATO, GTO.
TELS. Y FAX : (91-462) 6-23-40, 7-57-43
7-51-33

EN TERMINOS GENERALES EL PROCESO DE MODIFICACION CONSISTE:

En primer lugar, se agrega la cantidad necesaria de un aditivo rico en fracción malténica, para una perfecta interacción del sistema asfalto-polímero, para obtener una mezcla micro-heterogénea, con buenas propiedades mecánicas, estabilidad al almacenamiento, transporte y aplicación.

Después de la mezcla de las fracciones aceitosas, a temperaturas elevadas se agrega gradualmente el polímero, manteniendo el sistema en agitación hasta una total dispersión del polímero en el seno del asfalto.

La concentración del polímero puede variar de uno a veinte por ciento dependiendo de la forma a ser usada o comercializada; la concentración más empleada es la que presenta un contenido del orden del 3 %.

Para mejorar las propiedades mecánicas y elásticas, así como la estabilidad del sistema asfalto-polímero, las reacciones internas pueden ser generadas a través de agentes reticuladores.

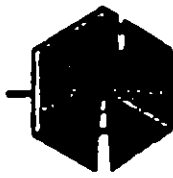
Mezclas elaboradas a nivel de laboratorio con cemento asfáltico de penetración 85/100 y el polímero SBS mencionado anteriormente, presentaron los siguientes resultados en análisis físico-químicos:

CAMPOS DE APLICACIÓN.

- CARRETERAS DE ALTAS ESPECIFICACIONES.
- CARRETERAS CON ALTOS NIVELES DE TRÁNSITO.
- OBRAS EN REGIONES CON CLIMAS EXTREMOSOS
- AEROPISTAS.
- ZONAS DE ACELERACIÓN Y FRENAJE.
- ESTACIONAMIENTOS.
- IMPERMEABILIZACIONES, ETC.

TIPOS DE MEZCLAS Y TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.

- MEZCLAS DE GRADUACIÓN ABIERTA (OPEN GRADE)
- MEZCLAS DE GRADUACIÓN MEDIA (GAP-GRADED).
- MEZCLAS DE GRADUACIÓN DENSA
- RIEGOS DE SELLO.
- EMULSIONES ASFALTICAS MODIFICADAS.



PRIDARSA

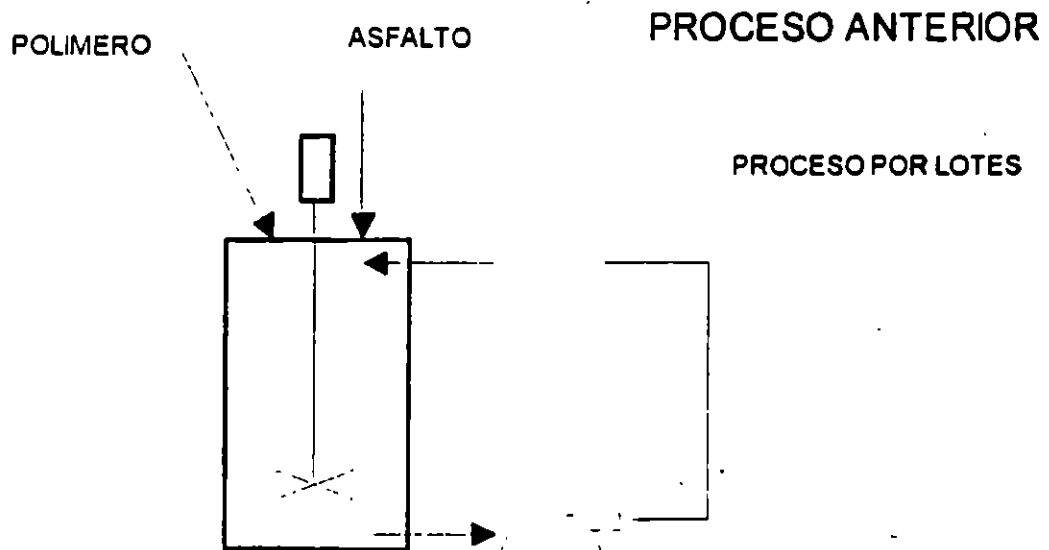
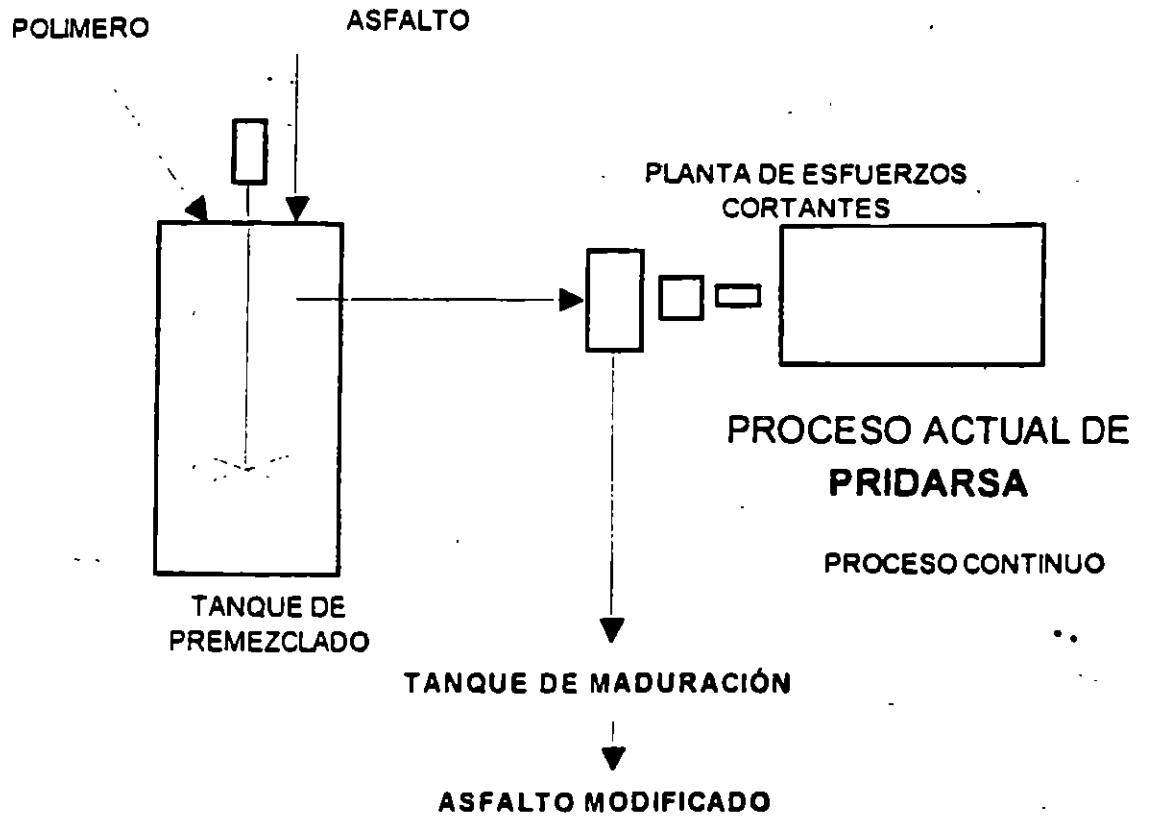
PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA
DE ASFALTOS Y REBAJADOS, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CARRIZALITO

KM. 1.2 IHAPUATO, GTO.

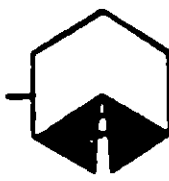
TELS. Y FAX: (91-482) 6-23-60, 7-87-48

7-87-33



- 1.- PRIDARSA DIVISIÓN ASFALTOS MODIFICADOS cuenta con una planta de incorporación de Hule Molido de llanta al asfalto, de acuerdo alas normas de calidad de AASHTO y ARPG (Asociación de productores de Hule asfáltico), que garantiza la integración del hule a la molécula del asfalto y se puede tener la garantía de durabilidad similar a los trabajos que se han efectuado con este material en varios lugares de los departamentos de transporte de los Estados Unidos.
- 2.- Para la verificación de asfaltos y de las mezclas asfálticas con los asfaltos modificados con hule molido de llanta y su referencia a los asfaltos sin modificar se hicieron las pruebas, y los resultados obtenidos corroboran la mejoría al incrementar el porcentaje de hule molido.
- 3.- Tomando como patrón el asfalto No 6 para utilizarlo como referencia de durabilidad con los asfaltos modificados con hule se obtienen los siguientes valores.

PRODUCTO	PROCEDENCIA	% DE MODIFICADOR	ÍNDICE DE DURABILIDAD
Asfalto No 6	Salamanca	-	1
AC 20	Cd Madero	-	1.22
AC 30	Cd Madero	-	1.26
Asfalto No 6	Laboratorio	6% con 3%de Aditivo	1.84
Asfalto No 6	Laboratorio	6% con 3%de Aditivo	1.92
Asfalto No 6	Salamanca	14% sin Aditivo	2.76
Asfalto No 6	Salamanca	17 % sin Aditivo	3.18
Asfalto No 6	Salamanca	20 % sin Aditivo	3.16
Asfalto No 6	Salamanca	14% con 4% de Aditivo	2.44
Asfalto No 6	Salamanca	17% con 4% de Aditivo	2.72
Asfalto No 6	Salamanca	20% con 4% de Aditivo	2.88



4.- Por otra parte se elaboraron mezclas de "Open Grade" con estos asfaltos modificados y con asfalto No 6 , con los siguientes resultados

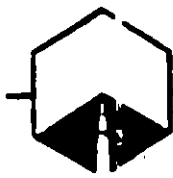
A) DATOS DE LA MEZCLA

% Optimo de asfalto	6.5 %
Material pétreo	Basalto triturado
Equivalente de arena	72 %
Porciento de Grava	67 %
Porciento de arena	30 %
Porciento de finos	3 %

En las mezclas con modificador (Hule de llanta) se considero el optimo del asfalto y el porcentaje de hule como adicional del asfalto.

B) DATOS DE LA MEZCLA CON ASFALTO No 6 Y HULE DE LLANTA

% DE HULE DE LLANTA	% DE ADITIVO	ÍNDICE DE DURABILIDAD
0.0	0	1.00
6.0	3	1.46
8.0	3	1.59
14.0	0	2.56
17.0	0	2.98
20.0	0	2.67
14.0	4	2.20
17.0	4	2.52
20.0	4	2.55



C) CONSIDERANDO EL ASFALTO, EL HULE DE LLANTA, ASÍ COMO LA MEZCLA ASFALTICA, SE TENDRÍAN LOS SIGUIENTES PROMEDIOS DE DURABILIDAD.

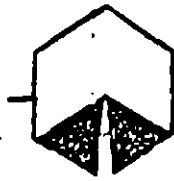
% DE HULE DE LLANTA	% DE ADITIVO	ÍNDICE DE DURABILIDAD
0.0	0	1.00
6.0	3	1.65
8.0	3	1.76
14.0	0	2.66
17.0	0	3.08
20.0	0	2.92
14.0	4	2.32
17.0	4	2.62
20.0	4	2.71

De lo asentado anteriormente y tomando en cuenta un factor de confiabilidad del 80%, se podría decir lo siguiente.

EL ASFALTO MODIFICADO CON 17 % DE HULE DE LLANTA EN LA PLANTA MODIFICADORA, DURARÍA 2.46 VECES MAS QUE EL ASFALTO NORMAL, LO QUE ES MUY SEMEJANTE A LOS ESTUDIOS DE LA ARPG.

5.- Considerando los costos de los tres tipos de tratamiento, se podría determinar lo siguiente:

TIPO DE TRATAMIENTO	%COSTO
Open Grade con asfalto No 6	100
Open Grade con asfalto Ahulado 6%	117 63
Open Grade con asfalto Modificado 17%	147 37



P I DA, ISA

PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA
DE ASFALTOS Y REBAJADOS, S.A. DE C.V.

OFICINA Y PLANTA: CAMINO AL CARRIZALITO

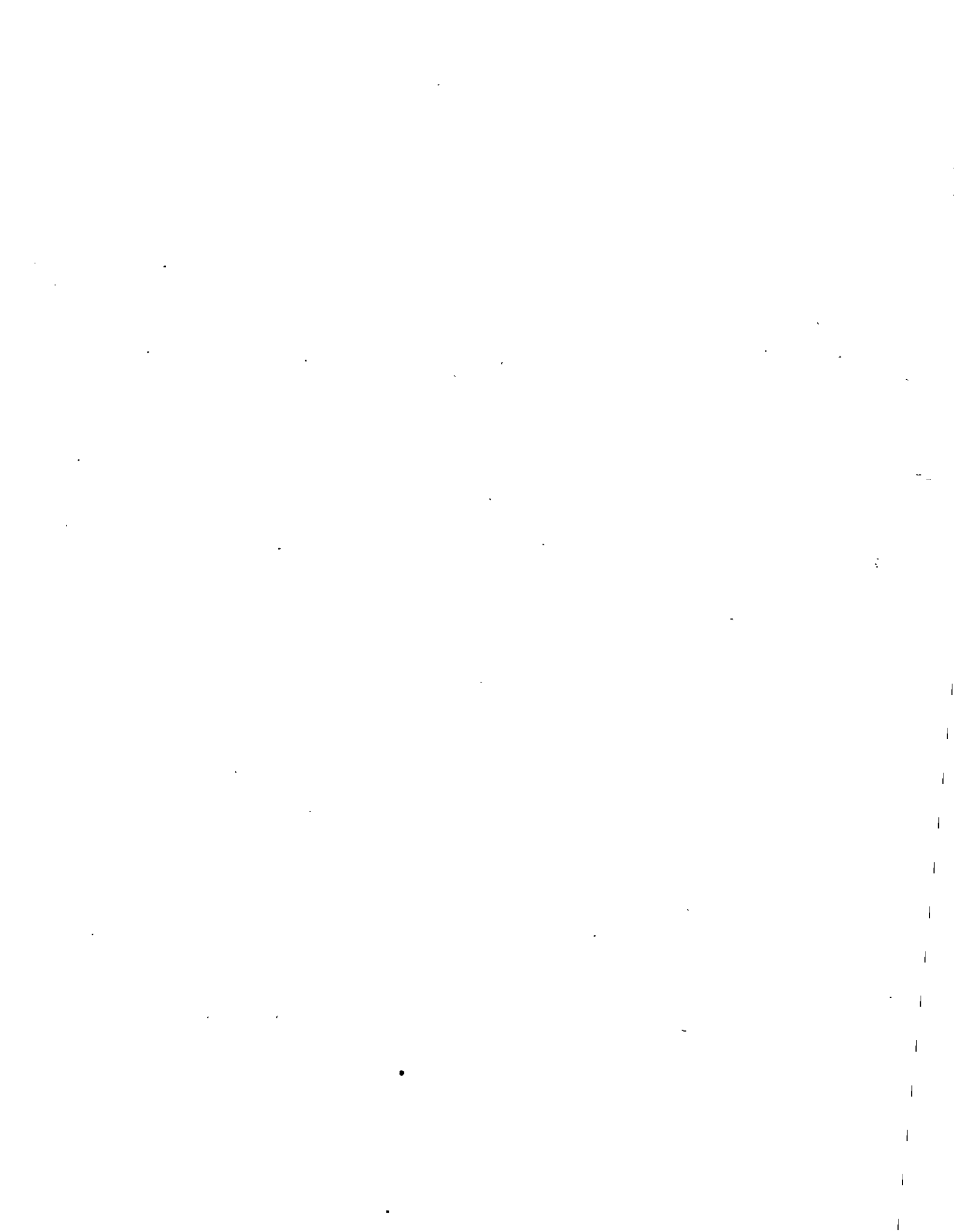
KM. 1.2 IRAPUATO, GTO.

TELS. Y FAX: (91-462) 6-23-40, 7-57-43

7-57-33

Con este indice de costos y considerando la durabilidad del trabajo se considera el costo real del trabajo:

TIPO DE TRATAMIENTO	% DEL COSTO	INDICE DE DURABILIDAD	COSTO REAL %
Open grade con asfalto No 6	100	1.00	100.00
Open grade con asf Ahulado 6%	116.63	1.42	82.13
Open Grade con asf Mod 17%	147.37	2.46	59.91





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

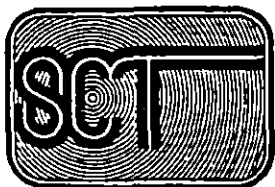
CURSO

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LAS OBRAS DE VIAS TERRESTRES

DEL 13 AL 16 DE AGOSTO

METODOS ESTADISTICOS PARA CONTROL DE CALIDAD

DR. OCTAVIO A. RASCON CHAVEZ
PALACIO DE MINERIA
1995



SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

Dirección General de Servicios Técnicos

Curso

*Aseguramiento de Calidad
en las
Obras de Vías Terrestres*

Apuntes

del 13 al 16 de agosto de 1996, México, D.F.

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LAS OBRAS DE VIAS TERRESTRES

MÓDULO III: MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA CONTROL DE CALIDAD

1.1 INTRODUCCIÓN AL CURSO Prof: Dr. Octavio A. Rascón Chávez

1. PRESENTACIÓN

La necesaria modernización del país requiere inversiones cada vez mayores en infraestructuras, pero no pueden ir más allá de lo que las condiciones económicas puedan permitir. Ello exige **aumentar la eficacia y la eficiencia** de los recursos disponibles.

La consecución de estos requerimientos, frente a unos usuarios cada vez más exigentes, con un adecuado respeto a los medios físico y ambiental, y con una adecuada credibilidad, obliga a **mejorar las formas de control de calidad de las obras**.

La **calidad**, desde el punto de vista del ciudadano, es esencialmente **calidad de uso**. Es decir el conjunto de propiedades y características que dan a una obra la capacidad de cubrir de modo satisfactorio, tanto las necesidades implícitas como las explícitas involucradas en la utilización del bien.

Para las administraciones públicas y las empresas existe un factor crítico de la calidad en el proceso de concepción y construcción de sus obras, y es que las mismas no cumplan o no se adapten a la demanda y necesidades de los usuarios.

Toda obra es el resultado de un proceso de planeación, diseño, proyecto, construcción y conservación posterior, que requiere por sí mismo una **calidad global**, misma que no se puede obtener a un costo adecuado si en el proceso se trasladan responsabilidades propias de cada etapa a la siguiente, porque esto da lugar a modificaciones, actuaciones complementarias y elevación de las necesidades de conservación. Todo ello no sólo produce una mala imagen de la capacidad técnica de los diferentes agentes (Administración, Ingenieros Consultoras y Empresas), sino unos costos adicionales de la "no calidad", muchas veces difícilmente explicables e incontrolables.

En una obra la calidad requerida se establece en el marco contractual de unas especificaciones.

La obtención de la calidad se basa en la **convicción** de que la misma es rentable y de que no cuesta cara. La aparente carestía, apreciada por algunos, se fundamenta en no analizar adecuadamente el costo de los problemas ulteriores.

La calidad se consigue a través de una **adecuada realización del proceso** que debe estar bien planificado, programado y ejecutado, de modo que se imposibiliten los errores, en su caso se prevengan y se evite lo más posible el tener que corregirlos a partir de los resultados de los controles.

De las ideas anteriores, se derivan los dos grandes sistemas de control, complementarios y no contradictorios, los **controles de producción** y los **controles de aceptación**, necesarios los primeros para alcanzar las calidades requeridas y los segundos para evitar que se sacrifique la calidad a los costos.

La calidad es el resultado de la aplicación de un **sistema de gestión de la calidad**, que afecta a **todas las etapas del proceso de inversión** (planificación, programación, proyecto, licitación y obra), por lo que los comportamientos de todos los que intervienen en el proceso son esenciales. Algunos tanto, inc como los involucrados en el proceso de construcción.

La calidad se fundamenta en la competencia profesional de todos los que participan, por lo que la atención continua a lo largo del proceso es esencial.

Entre los beneficios que la calidad produce, se pueden señalar que el constructor tendrá ahorros porque:

- Si aplican sistemáticamente las medidas necesarias para obtener su calidad, ahorrará tiempo, materiales y mano de obra.
- Si da una buena calidad, se ahorra discusiones con la Administración o el cliente.
- Si consigue calidad, mejorará su capacidad para que sean aceptables sus ofertas en contratos posteriores

La Administración tendrá ventajas porque:

- Los usuarios se sentirán más satisfechos.
- La mejora de los procesos permitirá unos precios más ajustados en posteriores ofertas.
- Una mayor fiabilidad del constructor permitirá a la Administración aligerar el contenido de los controles exteriores.

Un sistema de aseguramiento de la calidad requiere:

- Escribir lo que se va a hacer.
- Hacer lo que se ha escrito.
- Escribir lo que se ha hecho.
- Archivar lo escrito.

Exige también tener **conciencia** de que la calidad es necesaria, conciencia que se debe poseer y transmitir, desde los más altos niveles de las organizaciones implicadas a todos los participantes.

2. FILOSOFIA

Las dos premisas o pilares en que se fundamenta la filosofía y esencia del Aseguramiento Total de la Calidad son:

- 1) Cualquier operación o actividad de trabajo debe verse como un PROCESO.
- 2) La persona más importante relacionada con un proceso es el CLIENTE.

De esta forma el Aseguramiento Total de la Calidad puede definirse como:

El estilo de trabajo basado en una metodología operativa, y totalmente comprometido con el continuo mejoramiento en la calidad de los productos y servicios para maximizar la satisfacción de los clientes.

3. ELEMENTOS Y CARACTERISTICAS.

Los elementos operativos fundamentales del Aseguramiento Total de la Calidad son:

- a) ENFOQUE en el continuo mejoramiento de los procesos.
 - Cualquier actividad es un proceso.
 - Empleo de datos y métodos científicos de análisis.
 - Su meta es alcanzar la perfección.

- b) REQUIERE de participación universal.
 - Todas las personas pueden y deben practicarlo independientemente de su posición y funciones.
 - Debe aplicarse en todas partes en una organización.
 - Necesita, y a la vez propicia, un trabajo en equipo efectivo.

- c) PRODUCE la satisfacción de los clientes.
 - Excediendo sus necesidades y expectativas.
 - Eliminando las preocupaciones de clientes externos e internos.

Las CARACTERISTICAS principales del Aseguramiento Total de la Calidad que complementan su definición, pueden sintetizarse de la siguiente manera:

- 1) Representa una alternativa para generar nuevas ideas y utilizar enfoques diferentes, que rompan con la peligrosa costumbre de hacer las cosas siempre de la misma forma.

- 2) Ofrece una metodología estructurada para identificar y resolver problemas en lugar de vivir "apagando fuegos".
- 3) Para resultar convincente y exitoso en una organización, requiere antes que nada el compromiso y evidencia de ser aprendido y utilizado **por los directivos de más alto nivel**, y continuar su expansión hacia abajo hasta llegar al último de los empleados.
- 4) Utiliza conceptos y técnicas de **control estadístico** como soporte a la toma de decisiones encaminada al mejoramiento de los procesos.
- 5) Es una solución permanente que en forma paulatina se convierte en un estilo de vida.

Los **BENEFICIOS** internos y externos que ofrece la aplicación del Aseguramiento Total de la Calidad en un sistema productivo, se ilustran en la siguiente figura:

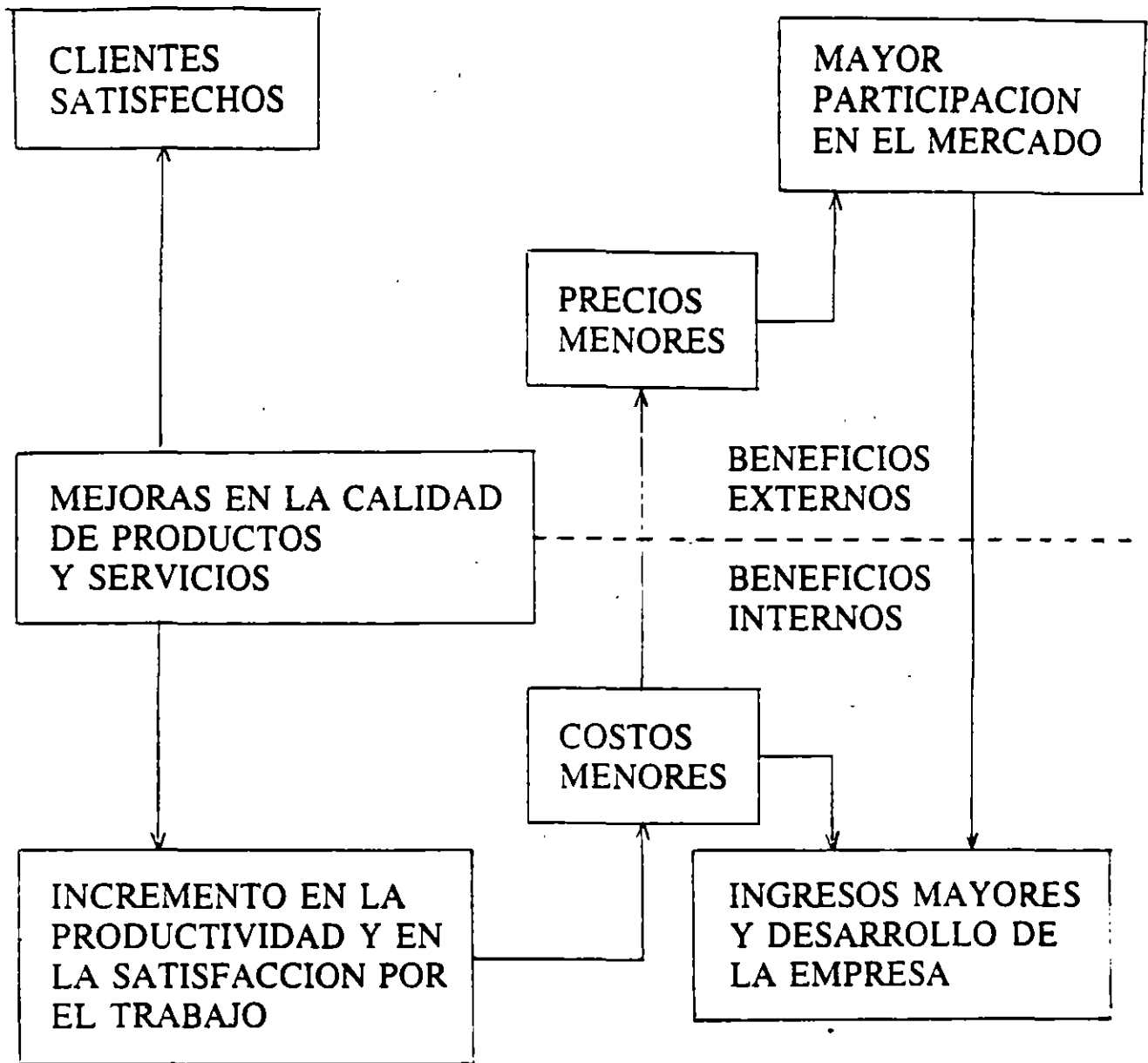


FIGURA 1. BENEFICIOS INTERNOS Y EXTERNOS DEL ASEGURAMIENTO TOTAL DE LA CALIDAD.

4. METODOLOGÍA PARA EL MEJORAMIENTO CONTINUO DE LOS PROCESOS

El Aseguramiento Total de la Calidad asume cualquier función operativa o actividad, y es un proceso con un propósito determinado cuya **misión primordial es satisfacer los requerimientos de sus clientes**. En este contexto, el papel que juega el Aseguramiento Total de la Calidad, consiste en "asegurar" el **continuo mejoramiento** en la calidad de los procesos y sus resultados, para garantizar el cumplimiento de la misión.

El mejoramiento continuo en los procesos, solamente se puede lograr con un **mecanismo de monitoreo y retroalimentación**, también continuo y permanente.

Esquemáticamente, el sistema puede conceptualizarse de la forma que se indica en la figura 2:

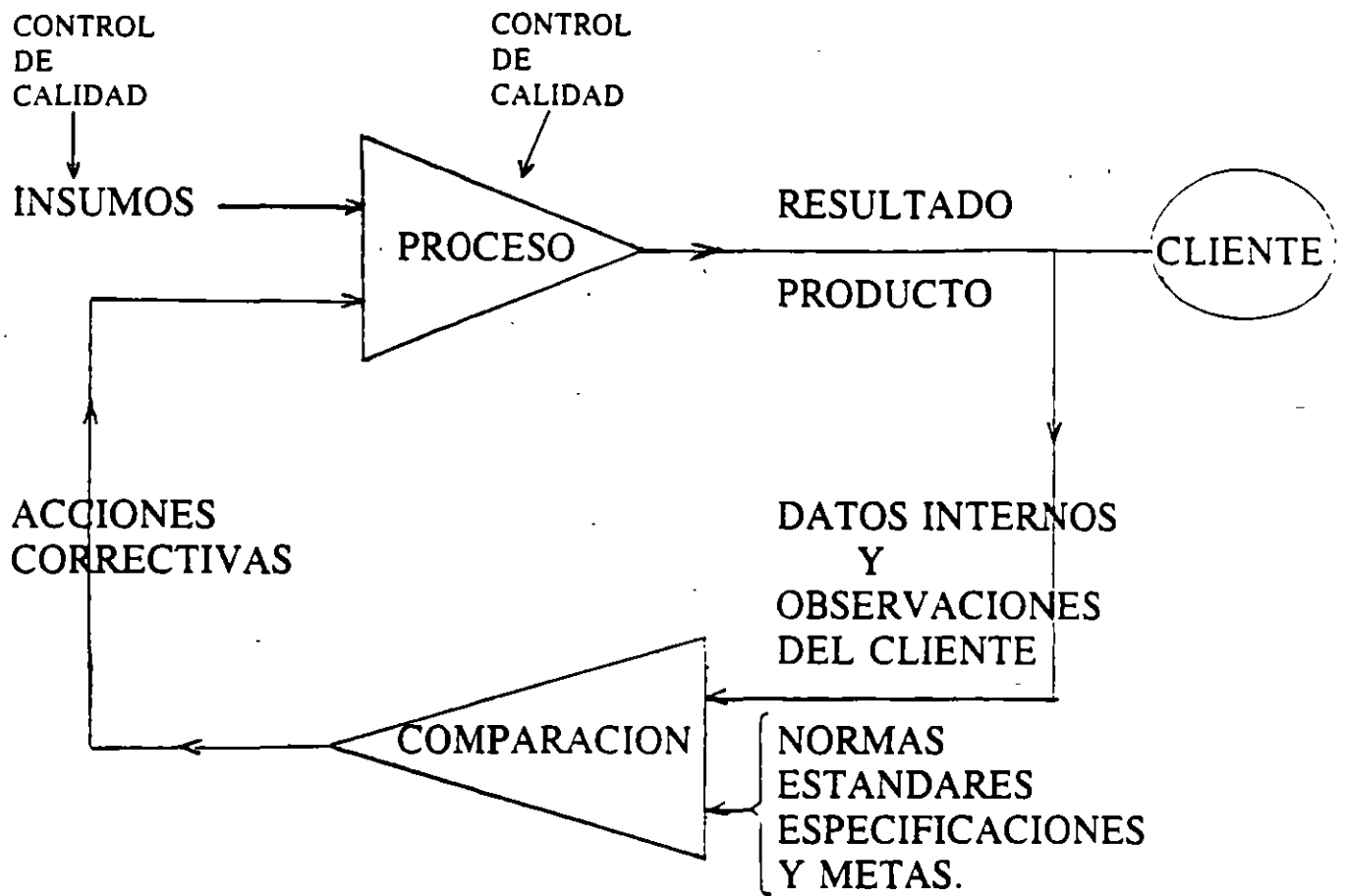


FIGURA 2. SISTEMA DE MONITOREO Y RETROALIMENTACION EN EL ASEGURAMIENTO TOTAL DE LA CALIDAD.

5. INTRODUCCIÓN A LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS

- * LA CALIDAD DE UN PRODUCTO O MATERIAL SE CARACTERIZA POR EL COMPORTAMIENTO DE UNA O MÁS CARACTERÍSTICAS (ATRIBUTOS O VARIABLES) DEL MISMO
- * LOS ATRIBUTOS Y LAS VARIABLES SE REPRESENTAN MEDIANTE ALGUNA MEDIDA
- * PARA MEDIR SE REQUIEREN MÉTODOS, TÉCNICAS Y APARATOS ADECUADOS, CON EL FIN DE OBTENER DATOS FIDEDIGNOS
- * LAS MEDICIONES DEBEN PODER REPETIRSE PARA OBTENER EL MISMO TIPO DE INFORMACIÓN EN CADA UNIDAD DEL PRODUCTO O MATERIAL, Y OBTENER ASÍ COLECCIONES DE DATOS O MUESTRAS
- * LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE CONTROL DE CALIDAD DAN LOS PROCEDIMIENTOS PARA OBTENER LAS MUESTRAS, PROCESARLAS PRESENTAR E INTERPRETAR LOS RESULTADOS, CON EL PROPOSITO DE LOCALIZAR LAS CAUSAS QUE PROVOCAN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS
- * EN GENERAL, HAY DOS TIPOS DE PROBLEMAS QUE SE ESTUDIAN CON LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS:
 - 1.- LOS QUE SE PRESENTAN DURANTE LA PRODUCCIÓN. ESTOS SE ANALIZAN MEDIANTE LAS CARTAS DE CONTROL.
 - 2.- LOS CORRESPONDIENTES A MATERIAS PRIMAS Y A PRODUCTOS YA ELABORADOS. ESTOS SE ANALIZAN MEDIANTE INSPECCIÓN POR MUESTREO.

* PARA ESTUDIAR AMBOS TIPOS DE PROBLEMA, SE HACEN MEDICIONES DE LA O LAS CARACTERÍSTICAS QUE SE DESEAN CONTROLAR, LAS CUALES SE REALIZAN DE ACUERDO CON UN PROGRAMA PREDEFINIDO.

* LOS DATOS QUE SE OBTIENEN AL REALIZAR LAS MEDICIONES, VARÍAN DE UNA A OTRA VERIFICACIÓN.

LAS VARIACIONES PUEDEN DEBERSE AL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN, AL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA, A DIFERENCIAS " RAZONABLES " EN LAS PROPIEDADES DE LAS MATERIAS PRIMAS, A DESGASTES GRADUALES DE LA MAQUINARIA, ETC.

* LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS CONSTITUYEN LAS "HERRAMIENTAS" PARA IDENTIFICAR OPORTUNAMENTE LAS VARIACIONES EN LOS DATOS, QUE REFLEJAN QUE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN ESTÁ SALIÉNDOSE DE CONTROL, O SI LOS PRODUCTOS O MATERIALES INSPECCIONADOS CUMPLEN CON LOS REQUISITOS Y ESPECIFICACIONES ESTABLECIDAS.

* SE DICE QUE SE REALIZA UNA INSPECCIÓN POR VARIABLES CUANDO LAS MEDICIONES DE LAS CARACTERÍSTICAS BAJO CONTROL SE REGISTRAN EN TÉRMINOS CUANTITATIVOS O NUMÉRICOS.

TAL ES EL CASO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIAS, DIMENSIONES, VOLÚMENES, DEFORMACIONES, PROPIEDADES MECÁNICAS, ETC.

* SE DICE QUE SE REALIZA UNA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS CUANDO LA INFORMACIÓN QUE SE OBTIENE O REGISTRA SE SEÑALA EN FORMA CUALITATIVA.

POR EJEMPLO, SI LOS DATOS SE REPORTAN COMO BUENO O DEFECTUOSO; O SI PASA O NO PASA, ETC.

5.1 HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICO

- 1. CARTAS DE CONTROL, PARA CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD MESURABLES. SE TRABAJA CON LOS PROMEDIOS ARITMÉTICOS, LAS DESVIACIONES ESTÁNDAR Y LOS RANGOS DE LAS MUESTRAS QUE SE OBTIENEN PARA MONITOREAR LA CALIDAD DEL PROCESO. (GRÁFICA DE \bar{X} , R y σ).**
- 2. CARTAS DE CONTROL PARA LA FRACCIÓN O PORCENTAJE DE ELEMENTOS DEFECTUOSOS. (GRÁFICA P).**
- 3. CARTAS DE CONTROL PARA EL NÚMERO DE DEFECTOS POR UNIDAD. (GRÁFICAS C).**
- 4. MUESTREO DE ACEPTACIÓN. PARA EVALUAR ESTADÍSTICAMENTE LA CALIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS Y LOS PRODUCTOS TERMINADOS O EN ALGUNA ETAPA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.**

5.2 CARTAS DE CONTROL

LA CALIDAD DE UN PRODUCTO MANUFACTURADO ESTÁ SIEMPRE SUJETA A UNA CIERTA VARIACIÓN, COMO RESULTADO DEL AZAR.

SIEMPRE EXISTE UN PATRÓN DE CAUSAS CASUALES ESTABLE, QUE ES INHERENTE A CUALQUIER ESQUEMA DE PRODUCCIÓN Y DE INSPECCIÓN.

LA VARIACIÓN DENTRO DE ESTE PATRÓN ESTABLE ES INEVITABLE Y MEDIBLE EN TÉRMINOS ESTADÍSTICOS. TAMBIÉN EXISTEN CAUSAS ADICIONALES DE VARIACIÓN QUE SON EXTERNAS A ESTE PATRÓN, PERO QUE PUEDEN SER DETECTADAS Y CORREGIDAS.

LAS CARTAS DE CONTROL SON HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS QUE PERMITEN DETERMINAR CUÁNDO SE PRESENTAN LAS VARIACIONES EXTERNAS. POR TANTO, HACEN POSIBLE EL DIAGNÓSTICO Y CORRECCIÓN DE MUCHOS PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN, POR LO QUE DAN PAUTAS PARA REALIZAR ACCIONES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN, QUE LLEVEN A MEJORAS CONSIDERABLES EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO Y A LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS Y REPROCESADO.

AL DETERMINAR ESTADÍSTICAMENTE CUÁLES SON LAS BANDAS DE VARIACIÓN DE LA CALIDAD, OCASIONADA POR ELEMENTOS INEVITABLES, ASOCIADAS A CIERTAS PROBABILIDADES DE QUE LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES SE MANTENGAN DENTRO DE ELLAS, LA CARTA DE CONTROL INDICA CUÁNDO EL PROCESO ESTÁ BAJO CONTROL Y, DE ESTA FORMA, EVITA AJUSTES INNECESARIOS AL MISMO, O CUANDO SE HA SALIDO DE CONTROL Y ES NECESARIO TOMAR ACCIONES CORRECTIVAS.

5.3 CARTAS DE CONTROL: BENEFICIOS

1. LA VIABILIDAD BÁSICA DE LA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD.

CUANDO SE HAN ESPECIFICADO TANTO UN VALOR SUPERIOR COMO UNO INFERIOR TOLERABLES PARA UNA CARACTERÍSTICA DE LA CALIDAD, UN PROBLEMA TÉCNICO IMPORTANTE QUE SE PRESENTA, CONSISTE EN DETERMINAR SI LA VARIABILIDAD BÁSICA (CASUAL) DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN, ES TAN GRANDE QUE SEA MUY DIFÍCIL FABRICAR "TODO" EL PRODUCTO DENTRO DE LOS LÍMITES ESPECIFICADOS.

2. EL NIVEL GENERAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD.

AUN CUANDO LA VARIABILIDAD BÁSICA DE UN PROCESO, SEA TAL QUE LA GAMA NATURAL DE VARIACIÓN SEA MÁS ESTRECHA QUE LA GAMA DE TOLERANCIA ESPECIFICADA, Y QUE EL PROCESO SE ENCUENTRE BAJO CONTROL, EL PRODUCTO PUEDE SER NO SATISFACTORIO PARA UNA CLIENTELA EN PARTICULAR, DADO QUE EL NIVEL DE CALIDAD ESPECIFICADO ES DEMASIADO BAJO. . .

3. LA CONSISTENCIA DEL RENDIMIENTO.

LA VARIABILIDAD DE LA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD PUEDE SEGUIR UN PATRÓN CASUAL O PUEDE COMPORTARSE ERRÁTICAMENTE DEBIDO A LAS CAUSAS ASIGNABLES. AL DETECTARSE CUÁL SITUACIÓN PREVALECE, SE DA LA PAUTA PARA DECIDIR SOBRE DEJAR AL PROCESO COMO ESTÁ O TOMAR ACCIONES PARA CORREGIR LOS MOTIVOS DE LAS DIFICULTADES.

5.4 MUESTREO DE ACEPTACION

LA INSPECCIÓN DE ACEPTACIÓN ES UNA PARTE NECESARIA DE LA MANUFACTURA, Y PUEDE SER APLICADA A LOS MATERIALES QUE SE RECIBEN, A LOS PRODUCTOS PARCIALMENTE ACABADOS EN DIFERENTES ETAPAS INTERMEDIAS DEL PROCESO DE MANUFACTURA, Y AL PRODUCTO FINAL. LA INSPECCIÓN DE ACEPTACIÓN PUEDE LLEVARSE A CABO EXTERIORMENTE POR EL COMPRADOR.

MUCHA DE ESTA INSPECCIÓN DE ACEPTACIÓN SE LLEVA A CABO MEDIANTE MUESTREO, YA QUE A MENUDO LA INSPECCIÓN DEL TOTAL RESULTA IMPRACTICABLE O CLARAMENTE ANTIECONÓMICA.

DEBE RECONOCERSE QUE MIENTRAS UNA PARTE DEL PRODUCTO SEA DEFECTUOSA, ES POSIBLE QUE ALGUNOS ELEMENTOS SEAN PASADOS POR ALTO, CUALQUIERA QUE SEA EL ESQUEMA DEL MUESTREO DE ACEPTACIÓN.

EL MUESTREO DE ACEPTACIÓN PERMITE VALUAR EL RIESGO ASUMIDO CON PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO ALTERNOS, Y TOMAR UNA DECISIÓN ACERCA DEL GRADO DE PROTECCIÓN NECESARIO EN CUALQUIER CASO, EL CUAL SE DETERMINA MEDIANTE PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS.

ES POSIBLE, ENTONCES, SELECCIONAR UN MODELO DE MUESTREO DE ACEPTACIÓN, QUE PROPORCIONE UN GRADO DESEADO DE PROTECCIÓN, CON LA DEBIDA CONSIDERACIÓN A LOS DIFERENTES COSTOS INVOLUCRADOS.

5.5 BENEFICIOS DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

- **AHORROS EN TIEMPO, EQUIPO, MATERIALES Y DINERO**
- **REDUCCIÓN EN LOS COSTOS Y TIEMPOS DE INSPECCIÓN Y PRUEBA**
- **MEJORÍA EN EL USO DE LOS RECURSOS**
- **MEJORÍA EN LA PRODUCTIVIDAD**
- **MEJORÍA EN LAS RELACIONES HUMANAS INTERNAS Y CON LOS PROVEEDORES Y CLIENTES**
- **MEJOR PRESTIGIO Y COMPETITIVIDAD**

METODOS ESTADISTICOS DE CONTROL DE CALIDAD
NORMA OFICIAL MEXICANA DE SISTEMAS DE CALIDAD,
N.O.M. -CC-1

A continuación se transcriben algunas definiciones señaladas en la Norma arriba indicada.

2.1 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

Conjunto de actividades planeadas y sistemáticas, que lleva a cabo una empresa, con el objeto de brindar la confianza apropiada, de que un producto o servicio cumple con los requisitos de calidad especificados.

2.5 AUDITORIA DE CALIDAD.

Examen sistemático e independiente para determinar si las actividades de calidad y sus resultados cumplen con las disposiciones preestablecidas y si éstas son implantadas eficazmente y son adecuadas para alcanzar los objetivos.

2.8 CALIDAD.

Conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades explícitas o implícitas preestablecidas.

2.9 CICLO DE LA CALIDAD.

Modelo conceptual de las actividades interdependientes que influyen sobre la calidad de un producto o servicio a lo largo de todas sus fases, desde la identificación de las necesidades del cliente, hasta la evaluación del grado de satisfacción de éstas.

2.10 CONTROL DE CALIDAD.

Conjunto de métodos y actividades de carácter operativo, que se utilizan para satisfacer el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos.

2.11 DEFECTO.

El no cumplimiento de los requisitos de uso propuestos o señalados.

2.13 ESPECIFICACION.

Documento que establece los requisitos o exigencias que el producto o servicio debe cumplir.

2.14 FIABILIDAD.

Capacidad de un producto, elemento o dispositivo para cumplir una función requerida bajo las condiciones dadas y para un periodo de tiempo establecido.

El término de fiabilidad también se utiliza como una característica de fiabilidad que designa una probabilidad de buen funcionamiento (éxito) o un porcentaje de éxitos.

2.15 GESTION DE CALIDAD.

Función general de la gestión que determina e implanta la política de calidad que incluye la planeación estratégica, la asignación de recursos y otras acciones sistemáticas en el campo de la calidad, tales como la planeación de la calidad, desarrollo de actividades operacionales y de evaluación relativas a la calidad.

2.18 INSPECCION.

Actividades tales como medir, examinar, probar o ensayar una o más características de un producto o servicio, y comparar a éstas con las exigencias y requisitos especificados para determinar su conformidad.

2.20 POLITICA DE CALIDAD.

Conjunto de directrices y objetivos generales de una empresa relativos a la calidad y que son formalmente expresados, establecidos y aprobados por la alta dirección.

2.21 PLAN DE CALIDAD.

Documento que establece las prácticas operativas, los procedimientos, los recursos y la secuencia de las actividades relevantes de calidad, referentes a un producto, servicio, contrato o proyecto en particular.

2.25 REVISION DEL SISTEMA DE CALIDAD.

Evaluación formal efectuada por la alta dirección de una organización del estado y la adecuación del sistema de calidad, en relación a la política de calidad y a los nuevos objetivos resultado del cambio y evolución de las circunstancias.

2.26 SISTEMA DE CALIDAD.

Estructura organizacional, conjunto de recursos, responsabilidades y procedimientos establecidos para asegurar que los productos, procesos o servicios cumplan satisfactoriamente con el fin a que están destinados y que están dirigidos hacia la gestión de la calidad.

2.27 VIGILANCIA DE LA CALIDAD/SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD.

Verificación y seguimiento permanente del estado de los procedimientos, métodos, las condiciones de ejecución, los procedimientos, los productos y servicios, así como el análisis de los registros en relación a las referencias establecidas, con el fin de asegurar que se cumplen los requisitos de calidad especificados.

PROCEDIMIENTO PARA OBTENER MUESTRAS EN UN TRAMO CARRETERO

Para obtener muestras o realizar pruebas en un segmento carretero, se puede utilizar la Tabla I de Números aleatorios, con el fin de seleccionar los sitios donde se colectarán los datos. El procedimiento es el siguiente:

- 1.- Definir la longitud del o de los tramos a muestrear.
- 2.- Determinar el número de datos que se colectarán de cada tramo o señalar el espaciamiento "promedio" de los sitios correspondientes.
- 3.- De una tabla de números aleatorios común, leer números del 1 al 28, para seleccionar las subcolumnas A de la Tabla I que se emplearán para cada tramo.
- 4.- En cada columna seleccionada, localizar los números iguales o menores que el número de datos requeridos para cada tramo.
- 5.- Multiplicar la longitud de cada tramo por los valores decimales correspondientes que se ubican en la subcolumna B, y adicionar este resultado al cadenamiento del inicio del tramo para obtener el cadenamiento de la sección a muestrear.
- 6.- Multiplicar el ancho del tramo por los valores decimales de la subcolumna C correspondientes, para obtener la distancia medida a partir del lado izquierdo del camino, donde se ubicará el sitio de muestreo.

EJEMPLO:

Para evaluar la calidad del pavimento, se obtendrán muestras de un camino con ancho de 6 m. y longitud de 5030 m., que va del cadenamiento 10 + 00 al 60 + 30. Un análisis visual del camino indica que este puede dividirse en los tres tramos siguientes, con diferentes condiciones de la superficie de rodamiento:

1. Longitud de cada tramo:

Tramo 1	10 + 00	a	28 + 90	(1890 m)
Tramo 2	28 + 90	a	42 + 62	(1372 m)
Tramo 3	42 + 62	a	60 + 30	(1768 m)

2. Número de datos para cada tramo.

Se desean obtener muestras de la estructura del camino a cada 500 m a un promedio de 500 m en los tramos 1 y 3, y de 300 m en el tramo 2. El número de datos de cada tramo sería:

Tramo 1 $n = 1890/500 = 3.8 = 4$ sitios

Tramo 2 $n = 1372/300 = 4.5 = 5$ sitios

Tramo 3 $n = 1768/500 = 3.5 = 4$ sitios

3. Determinación de columnas de Tabla I para el muestreo.

De una tabla de números aleatorios se sacan, para seleccionar las columnas A de la Tabla I, 3 números del 1 al 28, y éstos resultan ser: 23, 16 y 15.

4. Números aleatorios obtenidos.

Para el tramo 1, se usa la columna 23 y se encuentra que:

Columna A	Columna B	Columna C
4	.515	.993
3	.053	.256
2	.623	.271
1	.937	.714

Para el tramo 2, con la columna 16 se tiene:

Columna A	Columna B	Columna C
5	.147	.864
4	.516	.396
3	.548	.688
2	.739	.298
1	.331	.925

Para el tramo 3, se usa la columna 15

Columna A	Columna B	Columna C
4	.951	.482
3	.523	.519
2	.977	.172
1	.139	.230

5. Determinación de posiciones longitudinales (cadenamientos) de los sitios de muestreo.

Con los números de la columna B de los cuadros anteriores se tienen que:

Para el tramo 1, de 1890 m:

Longitud del tramo	x	Columna B	= Distancia +	Cadenamiento inicial	= Cadenamiento de muestreo
1890		0.515	973	10+00	19+73
1890		0.053	100	10+00	11+00
1890		0.623	1177	10+00	21+77
1890		0.937	1771	10+00	27+71

Para el tramo 2, de 1372 m:

Longitud del tramo	x	Columna B	= Distancia +	Cadenamiento inicial	= Cadenamiento de muestreo
1372		0.147	202	28+90	30+92
1372		0.516	708	28+90	35+98
1372		0.548	752	28+90	36+42
1372		0.739	1014	28+90	39+04
1372		0.331	454	28+90	33+44

Para el tramo 3, de 1768m:

Longitud del tramo	x	Columna B	= Distancia +	Cadenamiento inicial	= Cadenamiento de muestreo
1768		0.951	1681	42+62	59+43
1768		0.523	925	42+62	51+37
1768		0.977	1727	42+62	59+49
1768		0.139	246	42+62	45+14

6. Determinación de las posiciones transversales de muestreo.

Puesto que el ancho del camino es de 6m. se tiene que:

Para el tramo 1:

Ancho del camino	x	Columna C	=	Distancia del borde izquierdo, m
6		0.993		5.9
6		0.256		1.5
6		0.271		1.6
6		0.714		4.3

Para el tramo 2:

Ancho del camino	x	Columna C	=	Distancia del borde izquierdo, m
6		0.864		5.2
6		0.396		2.4
6		0.688		4.1
6		0.298		1.8
6		0.925		5.6

Para el tramo 3:

Ancho del camino	x	Columna C	=	Distancia del borde izquierdo, m
6		0.482		2.9
6		0.519		3.1
6		0.172		1.0
6		0.230		1.4

7. Puntos de muestreo.

<i>Tramo</i>	<i>Cadenamiento</i>	<i>Distancia del borde izquierdo m</i>
Sección 1	11+00	1.5
	19+73	5.9
	21+77	1.6
	27+71	4.3
Sección 2	30+92	5.2
	33+44	5.6
	35+98	2.4
	36+42	4.1
	39+04	1.8
Sección 3	45+08	1.4
	51+87	3.1
	59+43	2.9
	59+89	1.0

Estos puntos de muestreo se presentan en la figura 1.

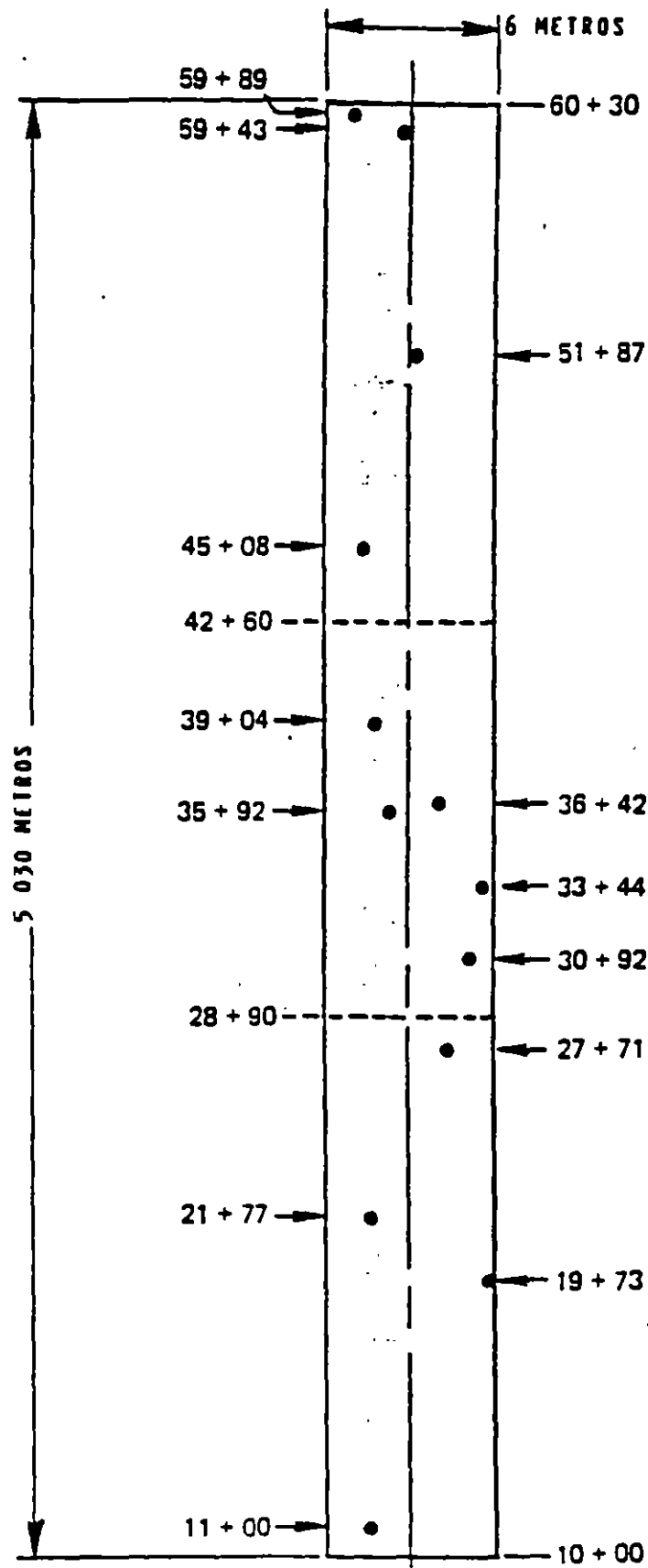


FIGURA 1 PUNTOS DE MUESTREO

TABLA I - NUMEROS ALEATORIOS PARA PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Col. No. 1			Col. No. 2			Col. No. 3			Col. No. 4			Col. No. 5			Col. No. 6			Col. No. 7		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	.033	.576	05	.048	.879	21	.013	.220	18	.089	.716	17	.024	.863	30	.030	.901	12	.029	.386
21	.101	.300	17	.074	.156	30	.036	.853	10	.102	.330	24	.060	.032	21	.096	.198	18	.112	.284
23	.129	.916	18	.102	.191	10	.052	.746	14	.111	.925	26	.074	.639	10	.100	.161	20	.114	.848
30	.158	.434	06	.105	.257	25	.061	.954	28	.127	.840	07	.167	.512	29	.133	.388	03	.121	.656
24	.177	.397	28	.179	.447	29	.062	.507	24	.132	.271	28	.194	.776	24	.138	.062	13	.178	.640
11	.202	.271	26	.187	.844	18	.087	.887	19	.285	.899	03	.219	.166	20	.168	.564	22	.209	.421
16	.204	.012	04	.188	.482	24	.105	.849	01	.326	.037	29	.264	.284	22	.232	.953	16	.221	.311
08	.208	.418	02	.208	.577	07	.139	.159	30	.334	.938	11	.282	.262	14	.259	.217	29	.235	.356
19	.211	.798	03	.214	.402	01	.175	.641	22	.405	.295	14	.379	.994	01	.275	.195	28	.264	.941
29	.233	.070	07	.245	.080	23	.196	.873	05	.421	.282	13	.394	.405	06	.277	.475	11	.287	.199
07	.240	.073	15	.248	.831	26	.240	.981	13	.451	.212	06	.410	.157	02	.296	.497	02	.336	.992
17	.242	.308	29	.261	.087	14	.255	.374	02	.461	.023	15	.438	.700	26	.311	.144	15	.393	.488
25	.271	.180	30	.302	.883	06	.310	.043	06	.487	.539	22	.453	.635	05	.351	.141	19	.437	.655
04	.302	.672	21	.318	.088	11	.316	.653	08	.497	.396	21	.472	.824	17	.370	.811	24	.466	.773
01	.409	.404	11	.376	.936	13	.324	.585	25	.503	.893	05	.488	.118	09	.388	.484	14	.531	.014
13	.507	.693	14	.430	.814	12	.351	.275	15	.594	.603	01	.525	.222	04	.410	.073	09	.562	.678
02	.575	.654	27	.438	.676	20	.371	.535	27	.620	.894	12	.561	.980	25	.471	.530	06	.601	.675
18	.591	.318	08	.467	.205	08	.409	.495	21	.629	.841	08	.652	.508	13	.486	.779	10	.612	.859
20	.610	.821	09	.474	.138	16	.445	.740	17	.691	.583	18	.668	.271	15	.515	.867	26	.673	.112
12	.631	.597	10	.492	.474	03	.494	.929	09	.708	.689	30	.736	.634	23	.567	.798	23	.738	.770
27	.651	.281	13	.499	.892	27	.543	.387	07	.709	.012	02	.763	.253	11	.618	.502	21	.753	.614
04	.661	.953	19	.511	.520	17	.625	.171	11	.714	.049	23	.804	.140	28	.636	.148	30	.758	.851
22	.692	.089	23	.591	.770	02	.699	.073	23	.720	.695	25	.828	.425	27	.650	.741	27	.765	.563
05	.779	.346	20	.604	.730	19	.702	.934	03	.748	.413	10	.843	.627	16	.711	.508	07	.780	.534
09	.787	.173	24	.654	.330	22	.816	.802	20	.781	.603	16	.858	.849	19	.778	.812	04	.818	.187
10	.818	.837	12	.728	.523	04	.838	.166	26	.830	.384	04	.903	.327	07	.804	.675	17	.837	.353
14	.895	.631	16	.753	.344	15	.904	.116	04	.843	.002	09	.912	.382	08	.806	.952	05	.854	.818
26	.912	.376	01	.806	.134	28	.969	.742	12	.884	.582	27	.935	.162	18	.841	.414	01	.867	.133
28	.920	.163	22	.878	.884	09	.974	.046	29	.926	.700	20	.970	.582	12	.918	.114	08	.915	.538
03	.945	.140	25	.939	.162	05	.977	.494	16	.951	.601	19	.975	.327	03	.992	.399	25	.975	.584

TABLA I - NUMEROS ALEATORIOS PARA PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Col. No. 8			Col. No. 9			Col. No. 10			Col. No. 11			Col. No. 12			Col. No. 13			Col. No. 14		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
09	.042	.071	14	.061	.935	26	.038	.023	27	.074	.779	16	.073	.987	03	.033	.091	26	.035	.175
17	.141	.411	02	.065	.097	30	.066	.371	06	.084	.396	23	.078	.056	07	.047	.391	17	.089	.363
02	.143	.221	03	.094	.228	27	.073	.876	24	.098	.524	17	.096	.076	28	.064	.113	10	.149	.681
05	.162	.899	16	.122	.945	09	.095	.568	10	.133	.919	04	.153	.163	12	.066	.360	28	.238	.075
03	.285	.016	18	.158	.430	05	.180	.741	15	.187	.079	10	.254	.834	26	.076	.552	13	.244	.767
28	.291	.034	25	.193	.469	12	.200	.851	17	.227	.767	06	.284	.628	30	.087	.101	24	.262	.366
08	.369	.557	24	.224	.572	13	.259	.327	20	.236	.571	12	.305	.616	02	.127	.187	08	.264	.651
01	.436	.386	10	.225	.223	21	.264	.681	01	.245	.988	25	.319	.901	06	.144	.068	18	.285	.311
20	.450	.289	09	.233	.838	17	.283	.645	04	.317	.291	01	.320	.212	25	.202	.674	02	.340	.131
18	.455	.789	20	.290	.120	23	.363	.063	29	.350	.911	08	.416	.372	01	.247	.025	29	.353	.478
23	.488	.715	01	.297	.242	20	.364	.366	26	.380	.104	13	.432	.556	23	.253	.323	06	.359	.270
14	.496	.276	11	.337	.760	16	.395	.363	28	.425	.864	02	.489	.827	24	.320	.651	20	.387	.248
15	.503	.342	19	.389	.064	02	.423	.540	22	.487	.526	29	.503	.787	10	.328	.365	14	.392	.694
04	.515	.693	13	.411	.474	08	.432	.736	05	.552	.511	15	.518	.717	27	.338	.412	03	.408	.077
16	.532	.112	20	.447	.893	10	.476	.468	14	.564	.357	28	.524	.998	13	.356	.991	27	.440	.280
22	.557	.357	22	.478	.321	03	.508	.774	11	.572	.306	03	.542	.352	16	.401	.792	22	.461	.830
11	.559	.620	29	.481	.993	01	.601	.417	21	.594	.197	19	.585	.462	17	.423	.117	16	.527	.003
12	.650	.216	27	.562	.403	22	.687	.917	09	.607	.524	05	.695	.111	21	.481	.838	30	.531	.486
21	.672	.320	04	.566	.179	29	.697	.862	19	.650	.572	07	.733	.838	08	.560	.401	25	.678	.360
13	.709	.273	08	.603	.758	11	.701	.605	18	.664	.101	11	.744	.948	19	.564	.190	21	.725	.014
07	.745	.687	15	.632	.927	07	.728	.498	25	.674	.428	18	.793	.748	05	.571	.054	05	.797	.595
30	.780	.285	06	.707	.107	14	.745	.679	02	.697	.674	27	.802	.967	18	.587	.584	15	.801	.927
19	.845	.097	28	.737	.161	24	.819	.444	03	.767	.928	21	.826	.487	15	.604	.145	12	.836	.294
26	.846	.366	17	.846	.130	15	.840	.823	16	.809	.529	24	.835	.832	11	.641	.298	04	.854	.982
29	.861	.307	07	.874	.491	25	.863	.568	30	.838	.294	26	.855	.142	22	.672	.156	11	.884	.928
25	.906	.874	05	.880	.828	06	.878	.215	13	.845	.470	14	.861	.462	20	.674	.887	19	.886	.832
24	.919	.809	23	.931	.659	18	.930	.601	08	.855	.524	20	.874	.625	14	.752	.881	07	.929	.932
10	.952	.555	26	.960	.365	04	.954	.827	07	.867	.718	30	.929	.056	09	.774	.560	09	.932	.206
06	.961	.504	21	.978	.194	28	.963	.004	12	.881	.722	09	.935	.582	29	.921	.752	01	.970	.692
27	.969	.811	12	.982	.183	19	.988	.020	23	.937	.872	22	.947	.797	04	.959	.099	23	.973	.082

TABLA I - NUMEROS ALEATORIOS PARA PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Col. No. 15			Col. No. 16			Col. No. 17			Col. No. 18			Col. No. 19			Col. No. 20			Col. No. 21		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	.023	.979	19	.062	.588	13	.045	.004	25	.027	.290	12	.052	.075	20	.030	.881	01	.010	.946
11	.118	.465	25	.080	.218	18	.086	.878	06	.057	.571	30	.075	.493	12	.034	.291	10	.014	.939
07	.134	.172	09	.131	.295	26	.126	.990	26	.059	.026	28	.120	.341	22	.043	.893	09	.032	.346
01	.139	.230	18	.136	.381	12	.128	.661	07	.105	.176	27	.145	.689	28	.143	.073	06	.093	.180
16	.145	.122	05	.147	.864	30	.146	.337	18	.107	.358	02	.209	.957	03	.150	.937	15	.151	.012
20	.165	.520	12	.158	.365	05	.169	.470	22	.128	.827	26	.272	.818	04	.154	.867	16	.185	.455
06	.185	.481	28	.214	.184	21	.244	.433	23	.156	.440	22	.299	.317	19	.158	.359	07	.227	.277
09	.211	.316	14	.215	.757	23	.270	.849	15	.171	.157	18	.306	.475	29	.304	.615	02	.304	.400
14	.248	.348	13	.224	.846	25	.274	.407	08	.220	.097	20	.311	.653	06	.369	.633	30	.316	.074
25	.249	.890	15	.227	.809	10	.290	.925	20	.252	.066	15	.348	.156	18	.390	.536	18	.328	.799
13	.252	.577	11	.280	.898	01	.323	.490	04	.268	.576	16	.381	.710	17	.403	.392	20	.352	.288
30	.273	.088	01	.331	.925	24	.352	.291	14	.275	.302	01	.411	.607	23	.404	.182	26	.371	.216
18	.277	.489	10	.399	.992	15	.361	.155	11	.287	.589	13	.417	.715	01	.415	.457	19	.448	.754
22	.372	.958	30	.417	.787	29	.374	.882	01	.358	.305	21	.472	.484	07	.437	.696	13	.487	.598
10	.461	.075	08	.439	.921	08	.432	.139	09	.412	.089	04	.478	.885	24	.446	.546	12	.546	.640
28	.519	.536	20	.472	.484	04	.467	.266	16	.429	.834	25	.479	.080	26	.485	.768	24	.550	.038
17	.520	.090	24	.498	.712	22	.508	.880	10	.491	.203	11	.566	.104	15	.511	.313	03	.604	.780
03	.523	.519	04	.516	.396	27	.632	.191	28	.542	.306	10	.576	.659	10	.517	.290	22	.621	.930
26	.573	.502	03	.548	.688	16	.661	.836	12	.563	.091	29	.665	.397	30	.556	.853	21	.629	.154
19	.634	.206	23	.597	.508	19	.675	.629	02	.593	.321	19	.739	.298	25	.561	.837	11	.634	.908
24	.635	.810	21	.681	.114	14	.680	.890	30	.692	.198	14	.749	.759	09	.574	.599	05	.696	.459
21	.679	.841	02	.739	.298	28	.714	.508	19	.705	.445	08	.756	.919	13	.613	.762	23	.710	.078
27	.712	.366	29	.792	.038	06	.719	.441	24	.709	.717	07	.798	.183	11	.698	.783	29	.726	.585
05	.780	.497	22	.829	.324	09	.735	.040	13	.820	.739	23	.834	.647	14	.715	.179	17	.749	.916
23	.861	.106	17	.834	.647	17	.741	.906	05	.848	.866	06	.837	.978	16	.770	.128	04	.802	.186
12	.865	.377	16	.909	.608	11	.747	.205	27	.867	.633	03	.849	.964	08	.815	.385	14	.835	.319
29	.882	.635	06	.914	.420	20	.850	.047	03	.883	.333	24	.851	.109	05	.872	.490	08	.870	.546
08	.902	.020	27	.958	.856	02	.859	.356	17	.900	.443	05	.859	.935	21	.885	.999	28	.871	.539
04	.931	.482	26	.981	.976	07	.870	.612	21	.914	.483	17	.863	.220	02	.958	.177	25	.971	.369
02	.977	.172	07	.982	.624	03	.916	.463	29	.950	.753	09	.863	.147	27	.961	.980	27	.984	.252

TABLA I - NUMEROS ALEATORIOS PARA PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

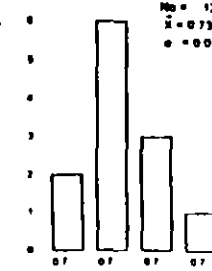
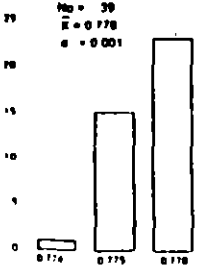
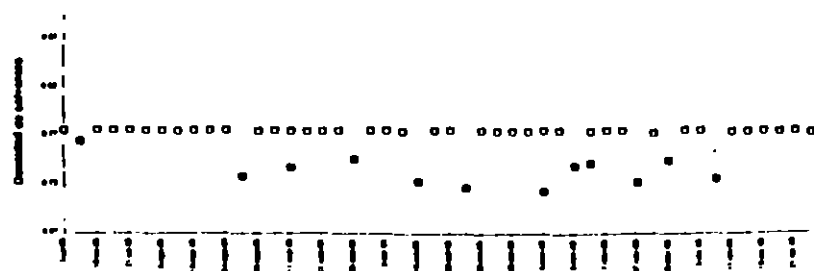
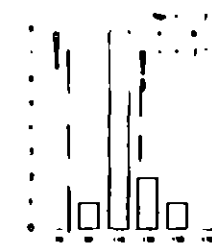
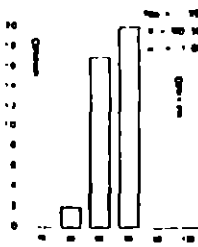
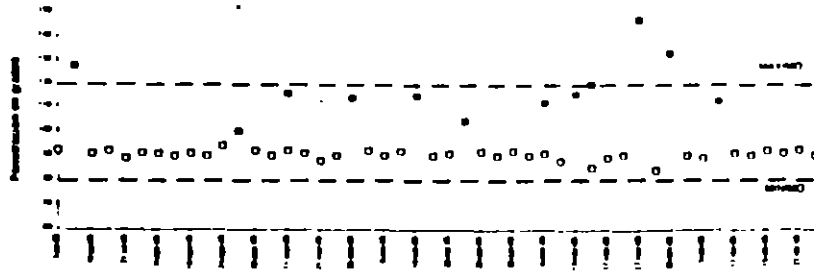
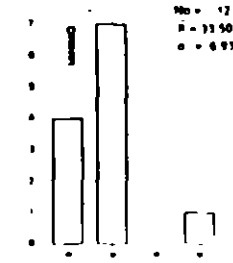
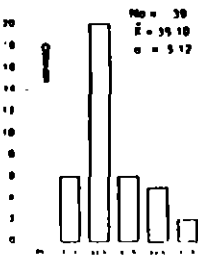
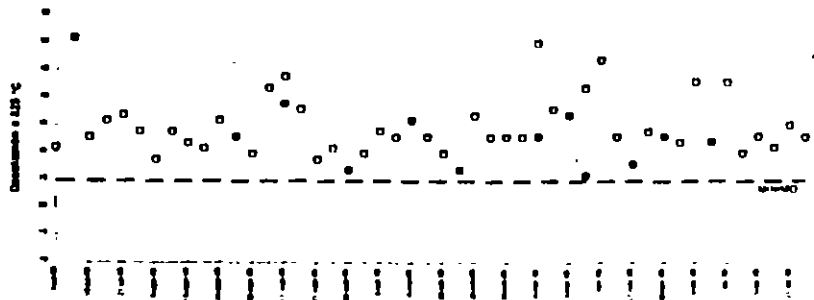
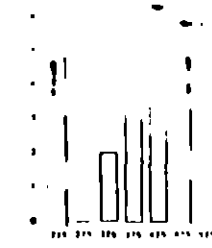
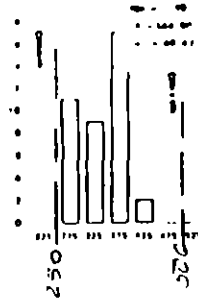
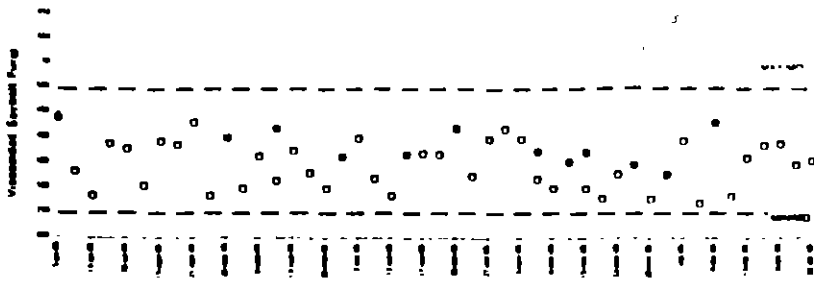
Col. No. 22			Col. No. 23			Col. No. 24			Col. No. 25			Col. No. 26			Col. No. 27			Col. No. 28		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
12	.051	.032	26	.051	.187	08	.015	.521	02	.039	.005	16	.026	.102	21	.050	.952	29	.042	.039
11	.068	.980	03	.053	.256	16	.068	.994	16	.061	.599	01	.033	.886	17	.085	.403	07	.105	.293
17	.089	.309	29	.100	.159	11	.118	.400	26	.068	.054	04	.088	.686	10	.141	.624	25	.115	.420
01	.091	.371	13	.102	.465	21	.124	.565	11	.073	.812	22	.090	.602	05	.154	.157	09	.126	.612
10	.100	.709	24	.110	.316	18	.153	.158	07	.123	.649	13	.114	.614	06	.164	.841	10	.205	.144
30	.121	.744	18	.114	.300	17	.190	.159	05	.126	.658	20	.136	.576	07	.197	.013	03	.210	.054
02	.166	.056	11	.123	.208	26	.192	.676	14	.161	.189	05	.138	.228	16	.215	.363	23	.234	.533
23	.179	.529	09	.138	.182	01	.237	.030	18	.166	.040	10	.216	.565	08	.222	.520	13	.266	.799
21	.187	.051	06	.194	.115	12	.283	.077	28	.248	.171	02	.233	.610	13	.269	.477	20	.305	.603
22	.205	.543	22	.234	.480	03	.286	.318	06	.255	.117	07	.278	.357	02	.288	.012	05	.372	.223
28	.230	.688	20	.274	.107	10	.317	.734	15	.261	.928	30	.405	.273	25	.333	.633	26	.385	.111
19	.243	.001	21	.331	.292	05	.337	.844	10	.301	.811	06	.421	.807	28	.348	.710	30	.422	.315
27	.267	.990	08	.346	.085	25	.441	.336	24	.363	.025	12	.426	.583	20	.362	.961	17	.453	.783
15	.283	.440	27	.382	.979	27	.469	.786	22	.378	.792	08	.471	.708	14	.511	.989	02	.460	.916
16	.352	.089	07	.387	.865	24	.473	.237	27	.379	.959	18	.473	.738	26	.540	.903	27	.461	.841
03	.377	.648	28	.411	.776	20	.475	.761	19	.420	.557	19	.510	.207	27	.587	.643	14	.483	.095
06	.397	.769	16	.444	.999	06	.557	.001	21	.467	.943	03	.512	.329	12	.603	.745	12	.507	.375
09	.409	.428	04	.515	.993	07	.610	.238	17	.494	.225	15	.640	.329	29	.619	.895	28	.509	.748
14	.465	.406	17	.518	.827	09	.617	.041	09	.620	.081	09	.665	.354	23	.623	.333	21	.583	.804
13	.499	.651	05	.539	.620	13	.641	.648	30	.623	.106	14	.680	.884	22	.624	.076	22	.587	.993
04	.539	.972	02	.623	.271	22	.664	.291	03	.625	.777	26	.703	.622	18	.670	.904	16	.689	.339
18	.560	.747	30	.637	.374	04	.668	.856	08	.651	.790	29	.739	.394	11	.711	.253	06	.727	.298
26	.575	.892	14	.714	.364	19	.717	.232	12	.715	.599	25	.759	.386	01	.790	.392	04	.731	.814
29	.756	.712	15	.730	.107	02	.776	.504	23	.782	.093	24	.803	.602	04	.813	.611	08	.807	.983
20	.760	.920	19	.771	.552	29	.777	.548	20	.810	.371	27	.842	.491	19	.843	.732	15	.833	.757
05	.847	.925	23	.780	.662	14	.823	.223	01	.841	.726	21	.870	.435	03	.844	.511	19	.896	.464
25	.872	.891	10	.924	.888	23	.848	.264	29	.862	.009	28	.906	.367	30	.858	.299	18	.916	.384
24	.874	.133	12	.929	.204	30	.892	.817	25	.891	.873	23	.948	.367	09	.929	.199	01	.948	.610
68	.911	.215	01	.937	.714	28	.943	.190	04	.917	.264	11	.956	.142	24	.931	.263	11	.976	.799
	.946	.045	25	.974	.398	15	.975	.962	13	.9	.990	17	.993	.989	15	.939	.947	24	.978	.13

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
 DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
 DIRECCION DE APOYO TECNICO
 SUBDIRECCION DE CONTROL DE CALIDAD

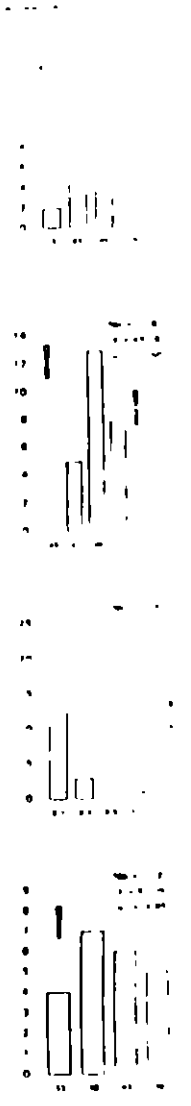
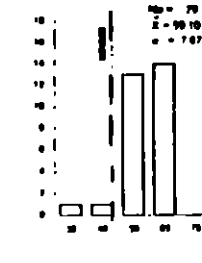
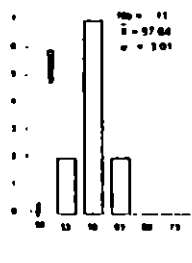
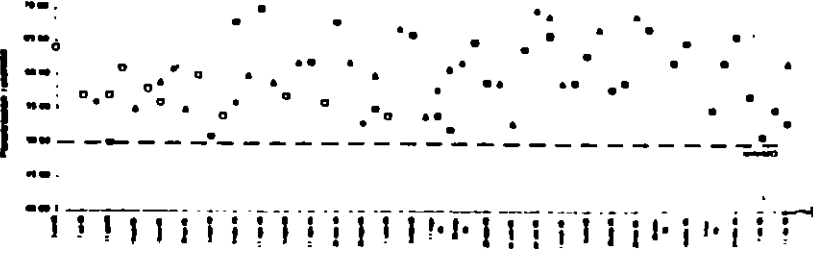
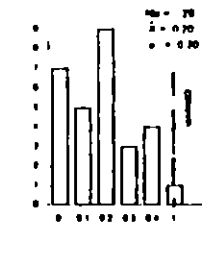
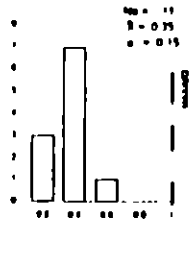
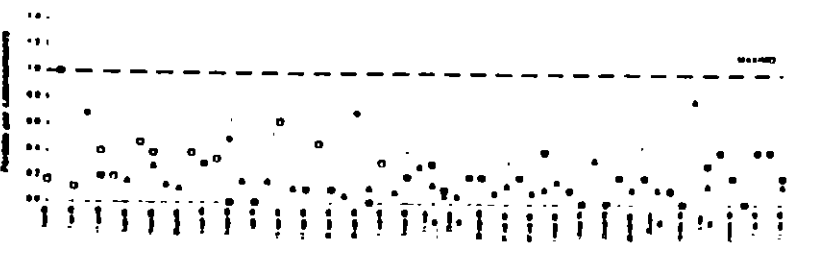
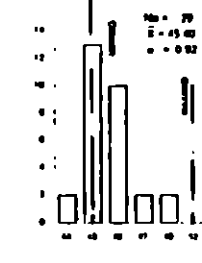
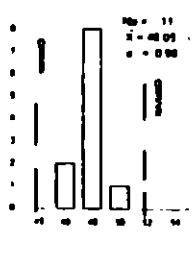
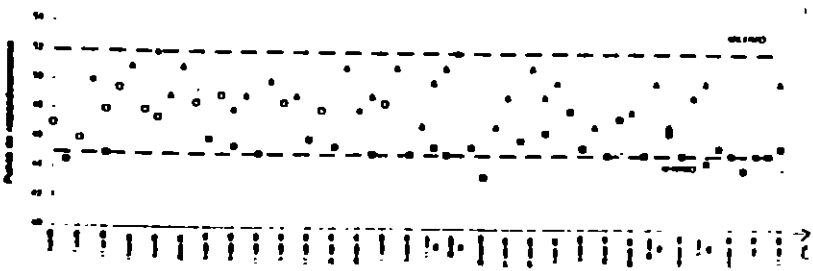
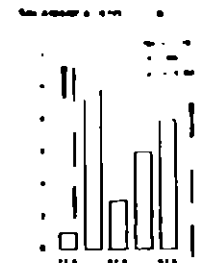
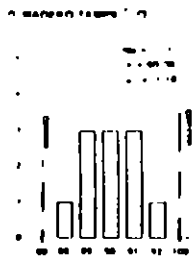
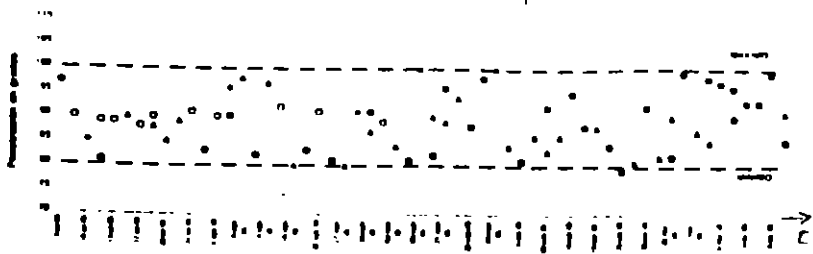
VALORES ESTADISTICOS DE LA CALIDAD DEL ASFALTO REBAJADO FR-3

REFINERIA: ANTONIO M. AMOR DE PEMEX EN SALAMANCA, GTO. PERIODO: JULIO/DICIEMBRE 1995

M E S	NUM. DE DATOS N	VALOR PROM. X	DESV. ESTANDAR S	V A L O R E S MIN. MAX.	
Viscosidad Saybolt-Furol a 60°C, en seg			Norma SCT: 250-500		
Julio	1	439.0	-	439	439
Agosto	1	400.0	-	400	400
Septiembre	2	391.0	39.6	363	419
Octubre	2	393.0	36.8	367	419
Noviembre	5	355.4	19.1	328	374
Diciembre	1	429.0	-	429	429
RESUMEN	12	401.2	31.8	328	439
Destilación a 225°C, en %			Norma SCT: 25 % min.		
Julio	1	51.0	-	51	51
Agosto	1	33.0	-	33	33
Septiembre	2	33.0	8.5	27	39
Octubre	2	31.5	6.4	27	36
Noviembre	5	31.4	4.4	26	37
Diciembre	1	32.0	-	32	32
RESUMEN	12	35.3	6.4	26	51
Penetración en grados a 25°C, 10 g, 5 seg			Norma SCT: 80-120		
Julio	1	128.0	-	128	128
Agosto	1	100.0	-	100	100
Septiembre	2	115.0	1.4	114	116
Octubre	2	109.5	7.8	104	115
Noviembre	5	125.6	14.3	112	147
Diciembre	1	113.0	-	113	113
RESUMEN	12	115.2	7.8	100	147
Densidad de Solventes					
Julio	1	0.764	-	0.764	0.764
Agosto	1	0.729	-	0.729	0.729
Septiembre	2	0.742	0.006	0.737	0.747
Octubre	2	0.720	0.005	0.716	0.724
Noviembre	5	0.732	0.014	0.713	0.751
Diciembre	1	0.726	-	0.726	0.726
RESUMEN	12	0.735	0.008	0.713	0.764



OPORTUNIDAD DE PAGO



3.2 Fijación del AQL.

El AQL a usarse debe ser establecido en los contratos o por la autoridad responsable. Pueden establecerse diferentes AQL para un grupo de defectos considerados colectivamente o, para cada defecto en particular. Puede establecerse un AQL para un grupo de defectos, además de los AQL para defectos individuales o subgrupos de defectos comprendidos en ese grupo. Los valores de AQL inferiores o iguales a 10,0 pueden expresarse ya sea como porcentaje de defectuosos o número de defectos por cien unidades. Aquellos superiores a 10,0 deberán expresarse solamente como defectos por cien unidades.

AQL PREFERIDOS.- Los valores de AQL dados en estas tablas se conocen como AQL preferidos. Si para cualquier producto se establece un AQL diferente a un valor preferido de AQL no pueden aplicarse estas tablas.

EXPLICACION SOBRE EL SIGNIFICADO DE AQL.

Quando un consumidor establece el valor específico de AQL para cierto defecto o grupo de defectos, está indicando al proveedor que su plan de muestreo de aceptación del consumidor aceptará la gran mayoría de los lotes o partidas que el proveedor le entregue, siempre que el nivel medio de defectuosos del proceso (o defectos por cien unidades) en estos lotes o partidas no sea superior al valor establecido del AQL.

De este modo, el AQL es el valor establecido de porcentaje de defectuosos (o defectos por cien unidades) que el consumidor indica que aceptará en la mayor parte de los casos de acuerdo al procedimiento de muestreo de aceptación a emplearse.

Los planes de muestreo contenidos en el presente documento han establecido de tal manera que la probabilidad de aceptación para un valor de AQL establecido depende del tamaño de la muestra, siendo esta probabilidad generalmente superior para las muestras más grandes que para las muestras más pequeñas, para un AQL dado.

El AQL por sí solo no determina la protección para el consumidor, cuando se trata de lotes o partidas aisladas, sino que está más directamente relacionado con lo que puede esperarse del control de una serie de lotes o partidas, siempre que se apliquen las instrucciones indicadas en el presente documento. Para determinar la protección que obtendrá el consumidor es necesario consultar la curva característica de operación del plan correspondiente.

LIMITACION.- El establecimiento de un AQL no implica que el proveedor tenga derecho a entregar, a sabiendas, unidades de producto defectuosas.

3.3 Nivel de inspección.

Se debe emplear el nivel de inspección establecido en la norma o especificación del producto en cuestión. En su defecto, el nivel de inspección se establece en el contrato u orden de compra.

La tabla I da tres niveles de inspección: I, II y III para uso general. A menos que se indique lo contrario se usará el Nivel II. Sin embargo, se puede establecer el Nivel I cuando se necesite una discriminación menor o se podrá establecer el nivel III para una discriminación mayor. En la misma tabla se dan cuatro niveles adicionales especiales: S-1, S-2, S-3 y S-4 y pueden ser usados cuando se necesiten tamaños de muestra relativamente pequeños y puedan o deban tolerarse riesgos elevados de muestreo.

NOTA: Al establecer un nivel de inspección entre S-1 y S-4 se evitará el empleo de AQL incompatibles con estos niveles de inspección.

3.4 Muestras.

3.4.1 Tamaño de la muestra.

Los tamaños de muestras son identificados por letras clave. Se usará la Tabla I para encontrar la letra clave aplicable y el nivel de inspección prescrito, a un lote o partida particular.

3.4.2 Obtención de la muestra.

Las muestras se obtienen empleando sistemas adecuados de extracción de muestras al azar que aseguren la representatividad de lote en consideración.

Las muestras pueden ser extraídas después que se han reunido todas las unidades que comprenden el lote o partida o bien pueden extraerse muestras durante la formación de dichos lotes o partidas.

En el caso de muestreo doble o múltiple, cada muestra debe ser extraída de la totalidad del lote o partida.

3.5 Inspección.

3.5.1 Comienzo de la inspección.

Se usará inspección normal al comienzo de la inspección, a menos que la autoridad responsable estipule lo contrario.

3.5.2 Continuación de la inspección.

La inspección normal, continuará sin variaciones para cada clase de defectos o defectuosos en lotes o partidas sucesivas, excepto cuando se requieran los cambios de procedimientos. Los cambios de procedimientos se aplicarán a cada clase de defectos o defectuosos independientes.

3.6 Criterio de aceptación.

3.6.1 Inspección por porcentaje de defectuosos.

Para determinar la aceptabilidad de un lote o partida, por inspección del porcentaje de defectuosos, el plan de muestreo --

aplicable se usará según se indica en 3.6.1.1., 3.6.1.2 y 3.6.1.3.

3.6.1.1 Plan de muestreo simple.

El número de unidades de muestra inspeccionado debe ser igual al tamaño de la muestra dado por el plan. Si el número de defectuosos encontrado en la muestra es igual o inferior al número de aceptación, el lote o partida será considerado como aceptable. Si el número de defectuosos es igual o superior al número de rechazo, el lote o partida será rechazado.

Las curvas OC para AQL mayores que 10,0, se basan en la distribución de Poisson y son aplicables a la inspección de defectos por cien unidades. Aquellas para AQL iguales o inferiores a 10,0 y para tamaños de muestras superiores a 80, se basan en la distribución Binomial y son aplicables ya sea para la inspección de defectos por cien unidades, o para la inspección por porcentaje de defectuosos (bajo estas condiciones, la distribución de Poisson es una aproximación adecuada a la distribución binomial). Se dan para cada una de las curvas indicadas valores tabulados que corresponden a valores seleccionados de probabilidad de aceptación (P_a , en por ciento), y además para la inspección rigurosa y por defectos por cien unidades para AQL iguales o inferiores a 10,0 y tamaño de muestra igual o inferior a 80.

3.6.1.2 Plan de muestreo doble.

El número de unidades de muestra inspeccionadas debe ser igual al tamaño de la primera muestra dado por el plan. Si el número de defectuosos encontrados en la primera muestra es igual o inferior al primer número de aceptación, el lote o partida será considerado como aceptable. Si el número de defectuosos encontrado en la primera muestra, es igual o superior al primer número de rechazo, el lote de partida será rechazado. Si el número de defectuosos encontrados en la primera muestra, está comprendido entre los primeros números de aceptación y de rechazo, se inspeccionará una segunda muestra del tamaño indicado por el plan. El número de defectuosos encontrado en la primera y en la segunda muestra deben ser acumulados. Si el número acumulado de defectuosos es igual o inferior al segundo número de aceptación, el lote o partida será considerado como aceptable. Si el número acumulado de defectuosos es igual o superior al segundo número de rechazo, el lote o partida será rechazado.

3.6.1.3 Plan de muestreo múltiple.

En los planes de muestreo múltiple, el procedimiento será similar al especificado en 3.6.1.2., con la excepción de que el número de muestras sucesivas requeridas para llegar a una decisión, puede ser superior a dos.

3.6.2 Inspección por "Defectos por cien Unidades".

Para determinar la aceptabilidad de un lote o partida mediante la inspección por "Defectos por Cien Unidades", se usará el procedimiento especificado para inspección por Porcentaje de Defectuosos antes indicado, con la excepción de que se substituirá el término "Defectuosos" por "Defectos".

3.6.3 Aceptabilidad de lotes o partidas.

La aceptabilidad de un lote o partida será determinada por uso de un plan o planes de muestreo relacionados con el o los AQL establecidos.

3.6.4 Unidades defectuosas.

Queda reservado el derecho a rechazar cualquier unidad de producto encontrado defectuosa durante la inspección, ya sea que esa unidad forme o no parte de la muestra o que el lote o partida en conjunto sea aceptado o rechazado. Las unidades rechazadas pueden ser reparadas o corregidas y vuelvas a presentar a la inspección con la aprobación de la autoridad responsable o en la forma especificada por ella.

3.6.5 Excepción especial para los defectos críticos.

A criterio de la autoridad responsable, el proveedor puede requerido para que inspeccione cada unidad del lote o partida en relación con los defectos críticos. Queda reservado el derecho de inspeccionar cada unidad presentada por el proveedor en relación con defectos críticos y de rechazar inmediatamente el lote o partida cuando se encuentre un defecto crítico. También queda reservado el derecho de muestrear en relación con defectos críticos cada lote o partida presentada por el proveedor y de rechazar cualquier lote o partida, si una muestra extraída de ellos presenta uno o más defectos críticos.

3.6.6 Lotes o partidas sometidos a nueva inspección.

Los lotes o partidas encontrados inaceptables podrán someterse a nueva inspección, solamente después que todas las unidades sean reexaminadas o reensayadas y que todas las unidades defectuosas hayan sido eliminadas o los defectos corregidos. La autoridad responsable determinará si se usa inspección normal o rigurosa y si la reinspección incluirá todo tipo o clase de defectos o sólo el tipo o clase de defecto que causó el rechazo inicial.

3.7 Cambios de procedimientos.

3.7.1 Normal a rigurosa.

Quando esté vigente una inspección normal, se establecerá la inspección rigurosa cuando 2 de cada 5 lotes o partidas consecutivos hayan sido rechazados en la inspección original (es decir, sin tener en consideración lotes o partidas sometidos a reinspección por este procedimiento).

3.7.2 Rigurosa a normal.

Cuando esté vigente la inspección rigurosa, se establecerá la inspección normal cuando 5 lotes o partidas consecutivos hayan sido considerados aceptables en la inspección original.

3.7.3 Normal a reducida.

Cuando esté vigente la inspección normal, se establecerá la inspección reducida siempre que satisfagan todas las condiciones siguientes:

- a).- Los 10 lotes o partidas precedentes (o más de 10 según se indica en la nota de la Tabla VIII) que hayan estado sometidos a inspección normal y ninguno de ellos haya sido rechazado en la inspección original y
- b).- El número total de defectuosos (o de defectos) en las muestras de los 10 lotes o partidas precedentes (o cualquier otro número de lotes indicado según la condición "a" anterior) es igual o inferior al número aplicable dado en la Tabla VIII. Si se usa un muestreo doble o múltiple, deben incluirse todas las muestras inspeccionadas, no sólo la "primera" muestra, y
- c).- La Producción tiene un ritmo constante y
- d).- La autoridad responsable estima deseable la inspección reducida.

3.7.4 Reducida a normal.

Cuando esté vigente la inspección reducida, se establecerá la inspección normal cuando en la inspección original ocurra cualquiera de las circunstancias siguientes:

- a).- Un lote o partida es rechazado, o
- b).- Un lote o partida es considerado aceptable conforme al procedimiento indicado en 10.1.4., o
- c).- La producción se hace irregular o lenta, o
- d).- Otras condiciones que justifiquen la implantación de la inspección normal.

3.7.5 Cese de la inspección.

En caso que 10 lotes o partidas consecutivos se hayan sometido a inspección rigurosa (o cualquier otro número establecido por la autoridad responsable) se suspenderá la inspección realizada según las disposiciones de este documento, a la espera de las medidas destinadas a mejorar la calidad del producto presentado.

Procedimiento especial para la inspección reducida.

En la inspección reducida el procedimiento de muestreo puede terminarse sin haberse llegado a encontrar un criterio de aceptación o rechazo. En estas circunstancias, el lote o partida será considerado aceptable para la inspección normal y se reestablecerá a partir del próximo lote o partida.

4. INFORMACION SUPLEMENTARIA.

4.1 Curvas características de operación.

Las curvas características de operación para la inspección normal, dadas por la Tabla X (págs.), indican el porcentaje de lotes o partidas que pueden esperarse sean aceptados según los diferentes planes de muestreo, para una calidad dada del proceso. Las curvas expuestas son para muestreo - simple; las que conciernen a muestreo doble o múltiple, se han equiparado tanto como sea prácticamente posible.

4.2 Promedio del proceso.

El promedio del proceso, es el porcentaje promedio de defectuosos o el promedio del número de defectos por cien unidades - (cualquiera que sea el aplicable) del producto presentado por el proveedor a la inspección original. Inspección original es la primera inspección de una cantidad particular - del producto, en oposición a la inspección del producto que se presenta nuevamente después de un rechazo previo.

4.3 Calidad media de salida.

(AQL). La CMS es la calidad promedio del producto de salida, incluyendo todos los lotes o partidas aceptados, más los lotes o partidas rechazados, después que los lotes o partidas rechazados han sido efectivamente inspeccionados en un 100 por ciento y todos los defectuosos reemplazados por no defectuosos.

4.4 Límite de la calidad media de salida.

(AQL) El AQL es el máximo de AQL para todas las calidades de entrada posibles para un plan de muestreo de aceptación dado. Los valores de LCMS se dan en la Tabla V-A, para cada uno de los planes de muestreo simple para inspección normal y en la Tabla V-B, para cada uno de los planes de muestreo simple para inspección rigurosa.

4.5 Curvas de tamaño medio de muestra.

Las curvas de tamaño medio de muestra para muestreo doble y múltiple se encuentran en la Tabla IX. Estas indican el tamaño medio de muestra que se puede esperar de los diferentes planes de muestreo para una calidad dada del proceso. Estas curvas no suponen ninguna modificación de la inspección y son curvas aproximadas por el hecho de basarse en la distribución de Poisson y que se ha aceptado que el tamaño de las muestras para muestreo doble y múltiple es $0.631n$ y $0.25n$ respectivamente, donde n es el equivalente al tamaño de muestra simple.

4.6 Protección de la calidad límite.

Los planes de muestreo y los procedimientos correspondientes dados en esta publicación, fueron diseñados para usarlos en las unidades de producto que producen en una serie de lotes o partidas, durante un período de tiempo. Si el lote o partida es rechazada, es conveniente limitar la selección de los planes de muestreo a aquellos que

para un valor establecido de AQL proporcione una protección de calidad límite que no sea inferior a la especificada. Los planes de muestreo para este propósito pueden seleccionarse escogiendo una calidad límite (LQ) y el correspondiente riesgo del consumidor. Las Tablas VI y VII dan los valores de CI para los riesgos del consumidor comúnmente usados, de 10 por ciento y 5 por ciento, respectivamente. Si se requiere un valor diferente de riesgo del consumidor, se pueden usar las curvas CCO y sus valores tabulados. El concepto de calidad límite LQ puede también ser de utilidad para establecer, el AQL y los Niveles de Inspección para una serie de lotes o partidas, fijándose así el tamaño mínimo de la muestra, cuando exista alguna razón para evitar (con más de un riesgo dado del consumidor) en un solo lote o partida una proporción de defectuosos (o defectos) superior al límite fijado.

TABLA I - LETRA CLAVE DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

TAMAÑO DEL LOTE			NIVELES DE INSPECCION ESPECIALES				NIVELES DE INSPECCION GENERALES		
			S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	a	8	A	A	A	A	A	A	B
9	a	15	A	A	A	A	A	B	C
16	a	25	A	A	B	B	B	C	D
26	a	50	A	B	B	C	C	D	E
51	a	90	B	B	C	C	C	E	F
91	a	150	B	B	C	D	D	F	G
151	a	280	B	C	D	E	E	G	H
281	a	500	B	C	D	E	F	H	J
501	a	1200	C	C	E	F	G	J	K
1201	a	3200	C	D	E	G	H	K	L
3201	a	10000	C	D	F	G	J	L	M
10001	a	35000	C	D	F	H	K	M	N
35001	a	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	a	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001	a	más	D	E	H	K	N	Q	R

TABLA 11-A- PLANES DE MUESTREO SIMPLE PARA INSPECCION NORMAL

Letra clave Tamaño de la muestra	Nivel de Calidad aceptable (inspección normal)																					
	0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15					
	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re					
A 2																						
B 3															0 1		1 2					
C 5														0 1		1 2	2 3					
D 8													0 1		1 2	2 3	3 4					
E 13											0 1				1 2	2 3	3 4	5 6				
F 20										0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8			
G 32									0 1						1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11		
H 50								0 1							1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	
I 80							0 1								1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22
J 125						0 1									1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22
K 200					0 1										1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22
L 315			0 1												1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22
M 500		0 1													1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22
N 800	0 1														1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22
O 1250	0 1														1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22
P 2000															1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22

Notas en la siguiente hoja.

Letra clave	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable (inspección normal)																	
		25	40	65	100	150	250	400	650	1000									
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re				
A	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	30	31
B	3	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	30	31	44	45
C	5	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	30	31	44	45		
D	8	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	30	31	44	45				
E	13	7	8	10	11	14	15	21	22	30	31	44	45						
F	20	10	11	14	15	21	22												
G	32	14	15	21	22														
H	50	21	22																
J	80																		
K	125																		
L	200																		
M	315																		
N	500																		
P	800																		
Q	1250																		
R	200																		

↓ = Utilizar el primer plan de muestreo debajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede al del lote, hacer inspección cien por cien.
 ↑ = Utilizar el primer plan de muestreo encima de la flecha.
 Ac = Número de aceptación
 Re = Número de rechazo

**METODOS ESTADISTICOS PARA LA INTERPRETACION DE
RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO**

FUENTE: CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO, POR ING. ALVARO ORTIZ FERNANDEZ, FUNDEC, A.G.

PROPIETARIO : ALVARO ORTIZ VIZAIRO

OBRA : GRANJA "EL CARACOL" AMECAMECA EDO. DE MEXICO

CONSTRUCTORA : SERVICIOS DE INGENIERIA S. A. DE C.V.

PREPAREDOR : CONCRETOS MARSA S.A. DE C.V.

FECHA DE EVALUACION : 15 DE SEPTIEMBRE DE 1985

PERIODO DE MUESTREO : DEL 20 DE MAYO AL 15 DE AGOSTO DE 1985

EDAD DE ENBAYE : 28 DIAS.

F'c DE PROYECTO : 250 KG/CM²

NUMERO DE MUESTRAS EN ESTUDIO : 105

NUMERO DE CILINDROS POR MUESTRA : 2

METODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL : DISEÑO PLASTICO

MUESTRA NO.	LOCALIZACION	RESISTENCIA (KG/CM ²)		PROMEDIO (KG/CM ²)	INTERVALO (KG/CM ²)	PROMEDIO DE 3 MUESTRAS CONSECUTIVAS
		CIL. 1	CIL. 2			
PM-1	ZAPATA DE CIMENTACION	253	253	253.0	0	207.3
PM-2	BASE DE DADOS CIMENTACION	310	315	312.5	3	296.3
PM-3	BASE DE DADOS CIMENTACION	291	294	292.5	3	261.3
PM-4	BASE DE DADOS CIMENTACION	200	200	200.0	0	204.3
PM-5	ZAPATA Y BASE DE DADOS CIMENTACION	213	213	212.0	2	251.0
PM-6	ZAPATA Y BASE DE DADOS CIMENTACION	301	301	301.0	0	200.7
PM-7	ZAPATA Y BASE DE DADOS CIMENTACION	240	240	240.0	0	260.3
PM-8	ZAPATA Y BASE DE DADOS CIMENTACION	302	300	301.0	2	275.3

LABORATORIO DE CONTROL, S.A.
(GRUPO SACMAB)

PM-9	BALÉ DE LA URBANA	266	466	266.0	0	266.5
PM-10	CIMENTACION	259	266	261.5	3	268.2
PM-11	BALÉ DE CULUMBAS	274	274	274.0	0	283.0
PM-12	CIMENTACION	278	268	269.0	2	273.2
PM-13	ZAPATAS DE	311	306	308.5	3	302.0
PM-14	CIMENTACION	300	298	299.0	2	303.0
PM-15	ZAPATAS Y DADOS	301	301	301.0	0	309.3
PM-16	CIMENTACION	304	311	307.5	7	308.0
PM-17	ZAPATAS Y DADOS	298	299	297.5	1	304.0
PM-18	CIMENTACION	301	298	299.5	3	303.3
PM-19	ZAPATAS Y DADOS	263	266	262.5	1	266.7
PM-20	CIMENTACION	284	281	282.5	3	281.7
PM-21	ZAPATAS CIMENTACION	249	253	252.0	6	264.0 00
PM-22	CIMENTACION	249	252	250.5	3	232.3 00
PM-23	ZAPATAS CIMENTACION	238	238	238.0	0	231.7 00
PM-24	DADO CIMENTACION	287	216	211.5	9	238.0 00
PM-25	DADO CIMENTACION	244	247	243.5	3	243.0 00
PM-26	DADO CIMENTACION	234	232	233.0	2	242.7 00
PM-27	DADO CIMENTACION	268	258	259.0	2	261.0
PM-28	CUL URBANA	234	238	234.0	6	254.0
PM-29	CUL URBANA	287	289	288.0	3	266.3 00
PM-30	CUL URBANA	244	246	245.0	0	233.3 00
PM-31	CUL URBANA	286	218	207.0	6	246.0 00
PM-32	CUL URBANA	248	238	249.0	4	261.7
PM-33	CUL URBANA	276	276	276.0	0	290.0
PM-34	CUL URBANA	268	268	268.0	0	17.5 00
PM-35	CUL URBANA	214	216	215.0	0	226.7 00
PM-36	CUL URBANA	236	241	238.5	3	211.7 00
PM-37	DADOS Y CUL URBANA	217	246	221.5	9	244.0 00
PM-38	CUL URBANA	248	247	245.0	2	291.1

PRO-IV	DESCRIPCION	271	284	270.0	274.1
PRO-00	TRABO Y LIA URNA	224	227	223.0	228.5
PRO-01	TRABO Y LIA URNA	225	228	224.0	229.5
PRO-02	TRABO Y LIA URNA	226	229	225.0	230.5
PRO-03	TRABO Y LIA URNA	227	230	226.0	231.5
PRO-04	TRABO Y LIA URNA	228	231	227.0	232.5
PRO-05	COLUMNA	229	232	228.0	233.5
PRO-06	COLUMNA	230	233	229.0	234.5
PRO-07	COLUMNA	231	234	230.0	235.5
PRO-08	COLUMNA	232	235	231.0	236.5
PRO-09	COLUMNA	233	236	232.0	237.5
PRO-10	COLUMNA	234	237	233.0	238.5
PRO-11	COLUMNA	235	238	234.0	239.5
PRO-12	COLUMNA	236	239	235.0	240.5
PRO-13	COLUMNA	237	240	236.0	241.5
PRO-14	COLUMNA	238	241	237.0	242.5
PRO-15	COLUMNA	239	242	238.0	243.5
PRO-16	COLUMNA	240	243	239.0	244.5
PRO-17	COLUMNA	241	244	240.0	245.5
PRO-18	COLUMNA	242	245	241.0	246.5
PRO-19	COLUMNA	243	246	242.0	247.5
PRO-20	COLUMNA	244	247	243.0	248.5
PRO-21	COLUMNA	245	248	244.0	249.5
PRO-22	COLUMNA	246	249	245.0	250.5
PRO-23	COLUMNA	247	250	246.0	251.5
PRO-24	COLUMNA	248	251	247.0	252.5
PRO-25	COLUMNA	249	252	248.0	253.5
PRO-26	COLUMNA	250	253	249.0	254.5
PRO-27	COLUMNA	251	254	250.0	255.5
PRO-28	COLUMNA	252	255	251.0	256.5
PRO-29	COLUMNA	253	256	252.0	257.5
PRO-30	COLUMNA	254	257	253.0	258.5
PRO-31	COLUMNA	255	258	254.0	259.5
PRO-32	COLUMNA	256	259	255.0	260.5
PRO-33	COLUMNA	257	260	256.0	261.5
PRO-34	COLUMNA	258	261	257.0	262.5
PRO-35	COLUMNA	259	262	258.0	263.5
PRO-36	COLUMNA	260	263	259.0	264.5
PRO-37	COLUMNA	261	264	260.0	265.5
PRO-38	COLUMNA	262	265	261.0	266.5
PRO-39	COLUMNA	263	266	262.0	267.5
PRO-40	COLUMNA	264	267	263.0	268.5
PRO-41	COLUMNA	265	268	264.0	269.5
PRO-42	COLUMNA	266	269	265.0	270.5
PRO-43	COLUMNA	267	270	266.0	271.5
PRO-44	COLUMNA	268	271	267.0	272.5
PRO-45	COLUMNA	269	272	268.0	273.5
PRO-46	COLUMNA	270	273	269.0	274.5
PRO-47	COLUMNA	271	274	270.0	275.5
PRO-48	COLUMNA	272	275	271.0	276.5
PRO-49	COLUMNA	273	276	272.0	277.5
PRO-50	COLUMNA	274	277	273.0	278.5
PRO-51	COLUMNA	275	278	274.0	279.5
PRO-52	COLUMNA	276	279	275.0	280.5
PRO-53	COLUMNA	277	280	276.0	281.5
PRO-54	COLUMNA	278	281	277.0	282.5
PRO-55	COLUMNA	279	282	278.0	283.5
PRO-56	COLUMNA	280	283	279.0	284.5
PRO-57	COLUMNA	281	284	280.0	285.5
PRO-58	COLUMNA	282	285	281.0	286.5
PRO-59	COLUMNA	283	286	282.0	287.5
PRO-60	COLUMNA	284	287	283.0	288.5
PRO-61	COLUMNA	285	288	284.0	289.5
PRO-62	COLUMNA	286	289	285.0	290.5
PRO-63	COLUMNA	287	290	286.0	291.5
PRO-64	COLUMNA	288	291	287.0	292.5
PRO-65	COLUMNA	289	292	288.0	293.5
PRO-66	COLUMNA	290	293	289.0	294.5
PRO-67	COLUMNA	291	294	290.0	295.5
PRO-68	COLUMNA	292	295	291.0	296.5
PRO-69	COLUMNA	293	296	292.0	297.5
PRO-70	COLUMNA	294	297	293.0	298.5
PRO-71	COLUMNA	295	298	294.0	299.5
PRO-72	COLUMNA	296	299	295.0	300.5
PRO-73	COLUMNA	297	300	296.0	301.5
PRO-74	COLUMNA	298	301	297.0	302.5
PRO-75	COLUMNA	299	302	298.0	303.5
PRO-76	COLUMNA	300	303	299.0	304.5
PRO-77	COLUMNA	301	304	300.0	305.5
PRO-78	COLUMNA	302	305	301.0	306.5
PRO-79	COLUMNA	303	306	302.0	307.5
PRO-80	COLUMNA	304	307	303.0	308.5
PRO-81	COLUMNA	305	308	304.0	309.5
PRO-82	COLUMNA	306	309	305.0	310.5
PRO-83	COLUMNA	307	310	306.0	311.5
PRO-84	COLUMNA	308	311	307.0	312.5
PRO-85	COLUMNA	309	312	308.0	313.5
PRO-86	COLUMNA	310	313	309.0	314.5
PRO-87	COLUMNA	311	314	310.0	315.5
PRO-88	COLUMNA	312	315	311.0	316.5
PRO-89	COLUMNA	313	316	312.0	317.5
PRO-90	COLUMNA	314	317	313.0	318.5
PRO-91	COLUMNA	315	318	314.0	319.5
PRO-92	COLUMNA	316	319	315.0	320.5
PRO-93	COLUMNA	317	320	316.0	321.5
PRO-94	COLUMNA	318	321	317.0	322.5
PRO-95	COLUMNA	319	322	318.0	323.5
PRO-96	COLUMNA	320	323	319.0	324.5
PRO-97	COLUMNA	321	324	320.0	325.5
PRO-98	COLUMNA	322	325	321.0	326.5
PRO-99	COLUMNA	323	326	322.0	327.5
PRO-100	COLUMNA	324	327	323.0	328.5

LABORATORIO DE CIENCIAS S.A.
CALLE 100 N. # 100

PR-70	TABLA	261	261	261.0	0	261.3 00
PR-71	TABLA	236	232	236.5	3	236.2 00
PR-72	TABLA	226	231	226.5	0	223.3 00
PR-73	TABLA	226	219	221.5	0	217.0 00
PR-74	TABLA	219	221	220.0	2	213.0 00
PR-75	TABLA	211	212	212.0 0	2	210.2 00
PR-76	TABLA	205	209	207.0 0	0	209.0 00
PR-77	TABLA	260	260	260.0	0	261.0
PR-78	TABLA	250	250	250.0	0	260.7 00
PR-79	PIEDRA	261	260	262.0	0	227.7 00
PR-80	PIEDRA	226	232	229.0	0	220.0 00
PR-81	PIEDRA	211	211	211.0 0	0	232.0 00
PR-82	PIEDRA	269	266	266.3	0	260.3 00
PR-83	PIEDRA	236	261	240.5	0	261.0 00
PR-84	PIEDRA	220	220	226.5	3	249.7 00
PR-85	PIEDRA	292	269	230.3	2	269.3 00
PR-86	PIEDRA	260	292	230.0	0	269.7 00
PR-87	PIEDRA	292	266	260.0	0	260.3 00
PR-88	PIEDRA	237	251	239.0	0	260.3 00
PR-89	PIEDRA	261	256	258.5	2	250.3
PR-90	LUBA DE PIEDRA	265	230	261.3	7	260.0 00
PR-91	LUBA DE PIEDRA	272	277	275.0	0	237.3 00
PR-92	LUBA DE PIEDRA	227	221	226.0	0	219.0 00
PR-93	LUBA DE PIEDRA	211	215	212.0 0	0	216.3 00
PR-94	LUBA DE PIEDRA	219	241	220.0	0	219.3 00
PR-95	LUBA DE PIEDRA	218	210	210.0 0	0	203.3 00
PR-96	LUBA DE PIEDRA	215	217	216.0	0	206.0 00
PR-97	LUBA DE PIEDRA	187	192	190.5 0	3	177.0 00
PR-98	LUBA DE PIEDRA	206	207	205.5 0	3	20.4 00
PR-99	LUBA DE PIEDRA	208	199	201.5 0	0	209.3 00

PRO-100	LIBRA DE PIED. ANILAS	197	100	197.0	1	200 M. 00
PRO-101	LIBRA DE PIED.	175	100	175.0	2	400.0 00
PRO-102	LIBRA DE PIED.	211	210	211.0	1	400.0 00
PRO-103	LIBRA DE PIED.	226	227	226.5	1	275 M. 00
PRO-104	LIBRA DE PIED.	230	205	231.5	1	
PRO-105	LIBRA DE PIED.	203	210	206.5	1	

* LIBRA ANILAS PRESENCIA DE LOS LIQUIDOS DE LAS MEDIDAS LIBRA
 MEDIDA DE 35 AL/100 POR DEBIDO DE LA F.C. DE P.M.
 RECIBO EN U.M. C. 1 0 3 1 9 0 5 5 . 1 . 1 . 2 1 .

** LIBRA ANILAS PRESENCIA DE 3 MEDIDAS LIBRAS LIBRAS
 LIBRA DE PIED. EN LA P.M. DE PRESENCIA EN U.M. C. 1 0 3 - - -
 1 9 0 5 5 . 1 . 1 . 2 1 .

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Para interpretar los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión del concreto, se requiere conocer las normas al respecto.

Grado de uniformidad de la fabricación del concreto.

La siguiente tabla, tomada del ACI-214-77, sirve como guía para evaluar el grado de control en la uniformidad de la fabricación del concreto, en función de la desviación estándar.

TABLA No. 1

EVALUACION PARA EL GRADO DE CONTROL DE LA UNIFORMIDAD DE LA FABRICACION DEL CONCRETO, EN TERMINOS DE LA DESVIACION ESTANDAR (kg/cm²)

EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	ACEPTABLE	POBRE
Por debajo	de	de	de	Sobre
de				
25	25 a 35	35 a 40	40 a 50	50

NOTA: Esta evaluación representa el promedio de resultados de especímenes ensayados a la edad especificada.

Grado de control del laboratorio

Para evaluar la calidad del trabajo del laboratorio de prueba, se puede emplear procedimiento que se describe a continuación.

Si \bar{R} es el promedio de los rangos de las pruebas en los especímenes de cada muestra, la desviación estándar, S_1 , y el coeficiente de variación, V_1 , de los ensayos se calculan con las fórmulas

$$S_1 = \frac{1}{d} \bar{R}$$

$$V_1 = \frac{S_1}{\bar{X}}$$

donde \bar{X} es el promedio de todas las muestras, y d se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA No. 2*

FACTORES PARA CALCULAR LA DESVIACION ESTANDAR DE LOS ENSAYES

Número de Especímenes	d	1/d
2	1.128	0.8865
3	1.693	0.5907
4	2.059	0.4857
5	2.326	0.4299

La siguiente tabla, tomada del ACI 214-77, califica el grado de control del laboratorio en función de los valores del coeficiente de variación de los ensayos:

TABLA No. 3

**EVALUACION DEL GRADO DE CONTROL DEL LABORATORIO EN
FUNCION DEL COEFICIENTE DE VARIACION**

EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	ACEPTABLE	POBRE
Por debajo	de	de	de	Arriba
de 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	de 6

**GRADOS DE CALIDAD DEL CONCRETO, SEGÚN LA NORMA
N.O.M. -C- 155 - 1984.**

Grados de calidad A (sólo para resistencia a compresión)

El concreto debe cumplir con lo siguiente:

- a) Se acepta que no más del 20% del número de pruebas de resistencia tengan valor inferior a la resistencia especificada $f'c$; se requiere un mínimo de 30 pruebas.
- b) No más del 1% de los promedios de 7 pruebas de resistencia consecutiva será inferior a la resistencia especificada.
- c) No más del 1% de las pruebas de resistencia puede ser menor que la resistencia especificada menos 50 kg/cm^2 .

Grado de calidad B (resistencia a compresión y resistencia a flexión)

El concreto debe cumplir con lo siguiente:

- a) Se acepta que no más del 10% del número de pruebas de resistencia tengan valores inferiores a la resistencia especificada. Se requiere un mínimo de 30 pruebas.
- b) No más del 1% de los promedios de 3 pruebas de resistencia consecutiva puede ser igual o menor que la resistencia especificada.
- c) No más del 1% de las pruebas de resistencia puede ser menor que la resistencia especificada a compresión menos 35 kg/cm², o resistencia especificada a la flexión "MR" menos 4 kg/cm².

Interpretación de los Resultados

$$\text{Promedio aritmético} = \bar{X} = 253.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Desviación estándar} = S = 32.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{32.1}{253.4} = 0.1266$$

$$\text{Promedio de los rangos de los ensayos} = \bar{R} = 3.03$$

$$\text{Desviación estándar de los ensayos} = \frac{1}{1.128} \times 3.03 = 2.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Coeficiente de variación de los ensayos} = V_1 = \frac{2.7}{253.4} \times 100 = 1.1\%$$

Conclusiones

a) Como $S = 32.1$, de acuerdo con la tabla 1, el control de la uniformidad de la fabricación es "muy bueno".

b) Como $V_1 = 1.1\%$, de acuerdo con la tabla 3, el control del laboratorio se califica como "excelente".

c) El número de muestras con promedio de resistencias inferior a $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ es de 52, o sea, 49.5%. Como este valor es mayor que el tolerable, de 10%, se concluye que el concreto no cumple la norma N.O.M. -C- 155 = 1984, grado de calidad B.

d) El número de promedios de 3 muestras consecutivas inferiores a $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, es de 50, o sea 47.6%.

Como este valor es superior al 1% de la norma, se concluye que dicha norma no se cumple.

e) El número de promedios de muestras con deficiencia de más de 35 kg/cm^2 es de 13, o sea 12.4%. Como este valor es superior al 1% señalado como límite en la norma, se concluye que dicha norma no se cumple.

METODOS ESTADISTICOS DE
CONTROL DE CALIDAD

PROFESOR: DR. OCTAVIO A. RASCÓN CHÁVEZ

TEMAS:

INFERENCIA ESTADISTICA

CARTAS DE CONTROL

INFERENCIA ESTADISTICA

Por: M en I Augusto Villarreal Aranda*

1. Introducción

La parte de la estadística que proporciona las reglas para inferir ciertas características de una población a partir de muestras extraídas de ella, junto con indicaciones probabilísticas de la veracidad de tales inferencias, se llama *inferencia estadística*.

En la inferencia estadística se estudian las relaciones existentes entre una población, las muestras obtenidas de ella, y las técnicas para estimar parámetros, tales como la media y la variancia, o bien para determinar si las diferencias entre dos muestras son debidas al azar, etc.

2. Distribuciones muestrales

Si se consideran todas las muestras posibles de tamaño

Secretario Académico, División de Estudios Superiores, Facultad de Ingeniería, UNAM y Profesor Investigador, Instituto de Ingeniería, UNAM

n que pueden extraerse de una población, y para cada una se calcula el valor del promedio aritmético, este seguramente variará de una muestra a otra, ya que depende de los valores de los datos que se hayan obtenido en cada muestra. Por lo tanto, el promedio aritmético es en sí una variable aleatoria, como también lo son, por la misma razón, el rango y la variancia de la muestra.

A todo elemento que es función de los valores de los datos que se tienen en una muestra se le denomina *estadística*; toda estadística es, entonces, una variable aleatoria cuya distribución de probabilidades se conoce como *distribución muestral*. Si, por ejemplo, la estadística considerada es la variancia de la muestra, su densidad de probabilidades se llama *distribución muestral de la variancia*.

En forma similar se pueden obtener las distribuciones muestrales de la desviación estándar, del rango, etc., cada una de las cuales tendrá sus propios parámetros, lo que permite hablar de la media y la desviación estándar de la variancia, etc.

3. Muestreo con y sin remplazo

Cuando se efectúa un muestreo en una población de tal manera que cada elemento de la misma se pueda escoger más de una vez, se dice que el muestreo es *con remplazo*; en caso contrario el muestreo es *sin remplazo*. Si de una urna se quiere extraer una muestra de bolas de colores, se puede proceder de dos maneras: se saca al azar una bola, se anota el color y se regresa a la urna antes de obtener otra, y así sucesivamente; en este caso el muestreo es *con remplazo*. Si se quiere extraer una muestra de bolas de colores, se saca al azar una bola, se anota el color y se regresa a la urna antes de obtener otra, y así sucesivamente; en este caso el muestreo es *sin remplazo*.

al azar todas las bolas que constituyen la muestra sin regresarlas a la urna, siendo entonces un muestreo *sin remplazo*.

4. Distribucion muestral del promedio aritmético

Supóngase que se extraen sin remplazo todas las muestras posibles de tamaño n de una población finita de tamaño $N_p > n$. Si la media y la desviación estándar de la distribución muestral del promedio aritmético se denotan con $\mu_{\bar{x}}$ y $\sigma_{\bar{x}}$, y la media y la desviación estándar de la población con μ y σ , respectivamente, entonces es posible demostrar que se cumplen las siguientes ecuaciones

$$\mu_{\bar{x}} = \mu$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N_p - n}{N_p - 1}}$$

Además, si la población es infinita (o el muestreo es con remplazo), los resultados anteriores se reducen a

$$\mu_{\bar{x}} = \mu$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

puesto que

$$\lim_{N_p \rightarrow \infty} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N_p - n}{N_p - 1}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Para valores grandes de n ($n \geq 30$) se demuestra, empleando el teorema del límite central, que la distribución muestral del promedio aritmético es aproximadamente una distribución normal con media $\mu_{\bar{X}}$ y desviación estándar $\sigma_{\bar{X}}$, independientemente de cuál sea la densidad de probabilidades de X , la variable aleatoria asociada a la población. Si esta variable tiene distribución normal, la distribución muestral del promedio aritmético también es normal, aun para valores pequeños de n ($n < 30$).

Ejemplo 4.1

Supóngase que se tiene una población finita formada por los datos 1,2,3,4,5. Se desea conocer la media y la desviación estándar de la distribución muestral del promedio aritmético, considerando las muestras de tamaño 3 obtenidas sin remplazo.

Primer procedimiento.

Siendo la población finita y el muestreo sin remplazo, es posible obtener la distribución muestral correspondiente para calcular después sus parámetros, considerando que el número total de muestras distintas de tamaño 3 que pueden obtenerse a partir de una población de 5 elementos es

$$\frac{5!}{3!(5-3)!} = 10$$

Dichas muestras son las siguientes, junto con sus promedios aritméticos correspondientes:

	\bar{X}_i		\bar{X}_i
1, 2, 3	6/3	3, 4, 5	12/3
1, 2, 4	7/3	3, 4, 1	8/3
1, 2, 5	8/3	4, 5, 1	10/3
2, 3, 4	9/3	4, 5, 2	11/3
2, 3, 5	10/3	5, 1, 3	9/3

Para calcular la media y la desviación estándar, se emplea la siguiente tabla

\bar{X}_i	6/3	7/3	8/3	8/3	9/3	9/3	10/3	10/3	11/3	12/3
\bar{X}_i^2	36/9	49/9	64/9	64/9	81/9	81/9	100/9	100/9	121/9	144/9

$$\sum_{i=1}^{10} \bar{X}_i = 90/3$$

$$\sum_{i=1}^{10} \bar{X}_i^2 = 840/9$$

$$\mu_{\bar{X}} = \bar{X} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \bar{X}_i = \frac{1}{10} \cdot \frac{90}{3} = 3$$

$$\sigma_{\bar{X}}^2 = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \bar{X}_i^2 - \bar{X}^2 = \frac{1}{10} \cdot \frac{840}{9} - (3)^2 =$$

$$= 9.333 - 9.000 = 0.333 \rightarrow \sigma_{\bar{X}} = \sqrt{0.333} = 0.577$$

Es decir, $\mu_{\bar{X}} = 3$ y $\sigma_{\bar{X}} = 0.577$

Segundo procedimiento.

Por tratarse de una población finita, se verif

$$\mu_{\bar{X}} = \mu \quad \text{y} \quad \sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{N_p - n}{N_p - 1}}$$

en donde $N_p = 5$, $n = 3$ y $\mu = 3$.

El valor de σ^2 de la población es

$$\sigma^2 = \frac{1+4+9+16+25}{5} - (3)^2 = \frac{55}{5} - 9 = 11-9 = 2$$

Por lo tanto, $\sigma = \sqrt{2} = 1.4145$ y

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{1.4145}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{5-3}{5-1}} = (0.8164)(0.7071) = 0.577$$

Es decir, $\mu_{\bar{X}} = 3$ y $\sigma_{\bar{X}} = 0.577$

Comparando los resultados, se puede observar que ambos procedimientos conducen a la obtención de los mismos valores de $\mu_{\bar{X}}$ y $\sigma_{\bar{X}}$ para la distribución muestral del promedio aritmético.

Ejemplo 4.2

En una bodega se tienen cinco mil varillas de acero: el valor medio del peso, X , de cada varilla es de 5.02 kg, y la desviación estándar 0.3 kg. Hallar la probabilidad de que una muestra de cien varillas, escogida al azar, tenga un peso total

- entre 496 y 500 kg
- de más de 510 kg.

Para la distribución muestral del promedio, se tiene que $\mu_{\bar{X}} = \mu = 5.02$ kg y, por tratarse de una población finita,

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N_p - n}{N_p - 1}} = \frac{0.30}{\sqrt{100}} \sqrt{\frac{5000 - 100}{5000 - 1}} = 0.027$$

a. El peso total de la muestra estará entre 496 y 500 kg si el peso promedio de las cien varillas se encuentra entre 4.96 y 5.00 kg. Puesto que la muestra es mayor de 30 elementos se puede considerar como aproximadamente normal a la distribución muestral, y los valores estándar correspondientes a $\bar{X} = 4.96$ y a $\bar{X} = 5.00$ se obtienen mediante la transformación

$$z = \frac{\bar{X} - \mu_{\bar{X}}}{\sigma_{\bar{X}}}$$

es decir,

$$z_1 = \frac{4.96 - 5.02}{0.027} = -2.22$$

$$z_2 = \frac{5.00 - 5.02}{0.027} = -0.74$$

En la fig 4.1 se puede apreciar que

$$\begin{aligned} P[496 \leq X \leq 500] &= P[-2.22 \leq Z \leq -0.74] = \\ &= P[-2.22 \leq Z \leq 0] - P[-0.74 \leq Z \leq 0] \end{aligned}$$

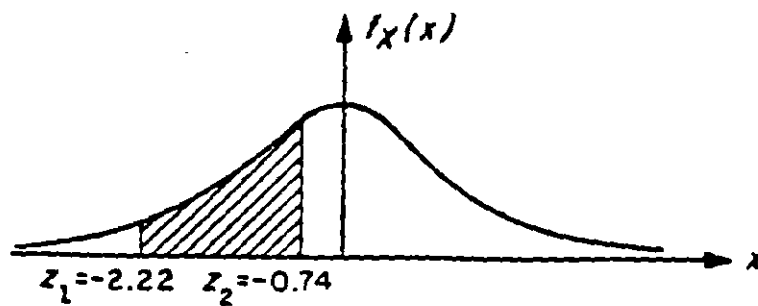


Fig 4.1 Distribución normal correspondiente al ejemplo

Recurriendo a la tabla de áreas bajo la curva normal estándar entre 0 y Z queda finalmente

$$P[496 \leq X \leq 500] = 0.4868 - 0.2704 = 0.2164$$

b. El peso total de la muestra excederá de 510 kg si el peso promedio de las cien varillas pasa de 5.10 kg.

Estandarizando dicho valor, queda

$$z_3 = \frac{5.10 - 5.02}{0.027} = 2.96$$

Calculando el área bajo la curva normal a la derecha de este valor (fig 4.2), se tiene que

$$\begin{aligned} P[X \geq 510] &= P[Z \geq 2.96] = P[Z > 0] - P[0 \leq Z \leq 2.96] = \\ &= 0.5 - 0.4985 = 0.0015 \end{aligned}$$

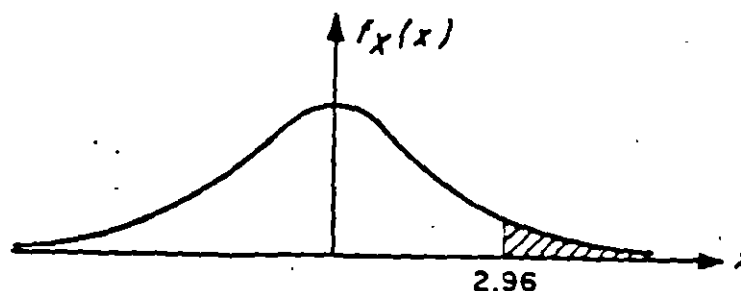


Fig 4.2 Distribución normal correspondiente al ejemplo

5. Distribución muestral de diferencias de promedios aritméticos

Con frecuencia se presenta el caso en el que se tienen datos de dos poblaciones con variables aleatorias asociadas X y Y , respectivamente, surgiendo la duda de si estas se pueden considerar como una sola, es decir, si $X = Y$. Para probar estadísticamente esta hipótesis (como se verá más adelante), es necesario obtener las distribuciones muestrales de la diferencia de los promedios y de las variancias de las muestras de ambas variables.

Sean \bar{X} y \bar{Y} los promedios aritméticos obtenidos de muestras aleatorias de tamaño n_X y n_Y de dos poblaciones con características X y Y , respectivamente. Se puede demostrar que la distribución muestral de la diferencia de los promedios correspondientes a poblaciones infinitas con medias μ_X y μ_Y y desviaciones estándar σ_X y σ_Y , tiene los siguientes parámetros:

$$\mu_{\bar{X} - \bar{Y}} = \mu_{\bar{X}} - \mu_{\bar{Y}} = \mu_X - \mu_Y$$

$$\sigma_{\bar{X} - \bar{Y}} = \sqrt{\sigma_{\bar{X}}^2 + \sigma_{\bar{Y}}^2} = \sqrt{\frac{\sigma_X^2}{n_X} + \frac{\sigma_Y^2}{n_Y}}$$

si las muestras son independientes.

Esta distribución también es aplicable a poblaciones finitas si el muestreo es con remplazo. Para el caso de poblaciones finitas en las cuales el muestreo se hace sin remplazo, los parámetros de la distribución muestral de la diferencia de los promedios aritméticos son

$$\mu_{\bar{X}-\bar{Y}} = \mu_{\bar{X}} - \mu_{\bar{Y}} = \mu_X - \mu_Y$$

$$\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}} = \sqrt{\sigma_{\bar{X}}^2 + \sigma_{\bar{Y}}^2} = \sqrt{\frac{\sigma_X^2}{n_X} \frac{N_X - n_X}{N_X - 1} + \frac{\sigma_Y^2}{n_Y} \frac{N_Y - n_Y}{N_Y - 1}}$$

suponiendo que las muestras sean independientes.

Ejemplo 5.1

Considérese que de una población X se obtienen tres muestras posibles, cuyos correspondientes promedios aritméticos son 3, 7 y 8. De otra población Y se extraen dos muestras posibles, con promedios 2 y 4, respectivamente. Se deben obtener los parámetros de la distribución muestral de las diferencias de los promedios aritméticos.

Primer procedimiento

Todas las posibles diferencias de promedios aritméticos de X con los de Y serían

$$\begin{array}{ccc} 3 - 2 & 7 - 2 & 8 - 2 \\ 3 - 4 & 7 - 4 & 8 - 4 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{ccc} 1 & 5 & 6 \\ -1 & 3 & 4 \end{array}$$

Es decir,

$$\mu_{\bar{X}-\bar{Y}} = \frac{-1+1+3+4+5+6}{6} = \frac{18}{6} = 3$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\bar{X}-\bar{Y}}^2 &= \frac{(-1-3)^2 + (1-3)^2 + (3-3)^2 + (4-3)^2 + (5-3)^2 + (6-3)^2}{6} \\ &= \frac{34}{6} = \frac{17}{3} \end{aligned}$$

Segundo procedimiento

Se sabe que

$$\mu_{\bar{X}-\bar{Y}} = \mu_{\bar{X}} - \mu_{\bar{Y}} ; \quad \sigma_{\bar{X}-\bar{Y}}^2 = \sigma_{\bar{X}}^2 + \sigma_{\bar{Y}}^2$$

Por ello,

$$\mu_{\bar{X}} = \frac{3+7+8}{3} = \frac{18}{3} = 6$$

$$\mu_{\bar{Y}} = \frac{2+4}{2} = \frac{6}{2} = 3$$

$$\sigma_{\bar{X}}^2 = \frac{(3-6)^2 + (7-6)^2 + (8-6)^2}{3} = \frac{14}{3}$$

$$\sigma_{\bar{Y}}^2 = \frac{(2-3)^2 + (4-3)^2}{2} = \frac{2}{2} = 1$$

$$\mu_{\bar{X}-\bar{Y}} = 6 - 3 = 3$$

$$\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}}^2 = \frac{14}{3} + 1 = \frac{17}{3}$$

Se observa que ambos procedimientos conducen a los mismos resultados.

Ejemplo 5.2

Las varillas de acero que fabrica una compañía A tienen un peso medio de 6.5 kg y una desviación estándar de 0.4, en tanto que las producidas por una empresa B tienen un peso medio de 6.3 kg y una desviación estándar de 0.3 kg. Si se toman muestras aleatorias de 100 varillas de cada fábrica, ¿cuál es la probabilidad de que las de la compañía A, tengan un peso promedio de por lo menos

- a. 0.35 kg
- b. 0.10 kg

mayor que el de la compañía B?

Se puede suponer en este caso que las distribuciones muestrales involucradas son normales, en virtud de que el tamaño de ambas muestras es mayor de 30 elementos. También se puede suponer que ambas poblaciones son infinitas, y siendo \bar{X}_A y \bar{X}_B los pesos promedios de las muestras de las fábricas A y B, respectivamente, entonces

$$\mu_{\bar{X}_A} - \bar{X}_B = \mu_{\bar{X}_A} - \mu_{\bar{X}_B} = 6.5 - 6.3 = 0.20 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\bar{X}_A - \bar{X}_B} = \sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_B^2}{n_B}} = \sqrt{\frac{(0.4)^2}{100} + \frac{(0.3)^2}{100}} = 0.05 \text{ kg}$$

La variable estandarizada de la diferencia de los promedios es

$$Z = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - \mu_{\bar{X}_A - \bar{X}_B}}{\sigma_{\bar{X}_A - \bar{X}_B}} = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - 0.20}{0.05}$$

a. Estandarizando la diferencia de 0.35 kg se llega a

$$Z_1 = \frac{0.35 - 0.20}{0.05} = \frac{0.15}{0.05} = 3$$

La probabilidad deseada es el área bajo la curva normal a la derecha de $Z = 3$, es decir

$$P[\bar{X}_A > \bar{X}_B + 0.35] = P[Z > 3] = 0.500 - 0.4987 = 0.0013$$

b. Al estandarizar la diferencia de 0.10 kg, la variable Z resulta

$$Z_2 = \frac{0.10 - 0.20}{0.05} = \frac{-0.1}{0.05} = -2$$

La probabilidad requerida es el área bajo la curva normal a la derecha de $Z = -2$, es decir

$$P[\bar{X}_A > \bar{X}_B + 0.10] = P[Z > -2] = 0.5 + 0.4772 = 0.9772$$

6. Teoría estadística de la estimación

En la práctica profesional a menudo resulta necesario inferir información acerca de una población mediante el uso de muestras extraídas de ella; una parte básica de dicha inferencia consiste en *estimar* los valores de los parámetros de la población (media, variancia, etc.) a partir de las estadísticas correspondientes de la muestra, como se explica a continuación.

7. Estimadores puntuales. Clasificación

Si un estimador de un parámetro de la población consiste en un solo valor de una estadística, se le conoce como *estimador puntual* del parámetro.

Cuando la media de la distribución muestral de una estadística es igual al parámetro que se está estimando de la población, entonces la estadística se conoce como *estimador insesgado* del parámetro; si no sucede así, entonces se denomina *estimador sesgado*. Ambos estimadores son puntuales, y sus valores correspondientes se llaman estimaciones insesgadas o sesgadas, respectivamente. Dicho de otra manera, si S es una estadística cuya distribución muestral tiene media μ_S , y el parámetro correspondiente de la población es θ , se dice que S es un estimador insesgado de θ si

$$\mu_S = \theta$$

Por otra parte, si la estadística S_n de la muestra tiende a ser igual al parámetro θ de la población a medida que se

hace más grande el tamaño de la muestra, entonces la estadística recibe el nombre de *estimador consistente* del parámetro.

Empleando símbolos, si

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \theta$$

resulta que la estadística S_n es un estimador consistente. Por ejemplo, el promedio aritmético es un estimador insesgado y consistente de la media, y la variancia de la muestra es un estimador sesgado y consistente de la variancia de la población.

Si las distribuciones muestrales de varias estadísticas tienen el mismo valor de la media, se dice que la estadística que cuenta con la menor variancia es un *estimador eficiente* de dicha media, en tanto que las estadísticas restantes se conocen como *estimadores ineficientes* del parámetro.

Por ejemplo, las distribuciones muestrales del promedio aritmético y de la mediana cuentan con medias que son, en ambos casos, iguales a la media de la población. Sin embargo, la variancia de la distribución muestral del promedio aritmético es menor que la de la distribución de la mediana, por lo que el promedio aritmético obtenido de una muestra aleatoria proporciona un estimador eficiente de la media de la población, en tanto que la mediana obtenida de la muestra proporciona un estimador ineficiente de dicho parámetro.

8. Estimación de intervalos de confianza para los parámetros de una población

La estimación de un parámetro de una población mediante un par de números entre los cuales se encuentra, con cierta probabilidad, el valor de dicho parámetro, se llama estimación del intervalo del mismo.

Sea S una estadística obtenida de una muestra de tamaño n para estimar el valor del parámetro θ , y sea σ_S la desviación estándar (conocida o estimada) de su distribución muestral. La probabilidad, $1 - \alpha$, de que el valor de θ se localice en el intervalo de $S - z_c \sigma_S$ a $S + z_c \sigma_S$, donde z_c es una constante, se escribe en la forma

$$P[S - z_c \sigma_S \leq \theta \leq S + z_c \sigma_S] = 1 - \alpha$$

Si se fija el valor de $1 - \alpha$, se puede obtener el valor de z_c necesario para que se satisfaga la ecuación anterior, con lo cual queda definido el *intervalo de confianza* del parámetro θ , $(S - z_c \sigma_S, S + z_c \sigma_S)$, correspondiente al nivel de confianza $1 - \alpha$.

La constante z_c que fija el intervalo de confianza se conoce como *valor crítico*. Si la distribución de S es normal, el valor de z_c correspondiente a uno de α se obtiene de la tabla de áreas bajo la curva normal o de la tabla 8.1 siguiente

TABLA 8.1 VALORES DE z_c PARA DISTINTOS NIVELES DE CONFIANZA

Nivel de confianza, en porcentaje	z_c
99.73	3.00
99.00	2.58
98.00	2.33
96.00	2.05
95.45	2.00
95.00	1.96
90.00	1.64
80.00	1.28
68.27	1.00
50.00	0.674

Ejemplo 8.1

Sea el promedio aritmético \bar{X} una estadística con distribución normal. Las probabilidades o niveles de confianza de que $\mu_{\bar{X}}$ (o μ de la población) se encuentre localizada entre los límites $\bar{X} \pm \sigma_{\bar{X}}$, $\bar{X} \pm 2 \sigma_{\bar{X}}$ y $\bar{X} \pm 3 \sigma_{\bar{X}}$ son 68.26, 95.44 y 99.73%, respectivamente, obteniéndose dichos valores de la tabla de áreas bajo la curva normal. Lo anterior significa que el intervalo $\bar{X} \pm 3 \sigma_{\bar{X}}$ contendrá a $\mu_{\bar{X}}$ en el 99.73 por ciento de las muestras de tamaño n , por lo que los intervalos de confianza de 68.26, 95.44 y 99.73 por ciento para estimar a μ son $(\bar{X} - \sigma_{\bar{X}}, \bar{X} + \sigma_{\bar{X}})$, $(\bar{X} - 2 \sigma_{\bar{X}}, \bar{X} + 2 \sigma_{\bar{X}})$ y $(\bar{X} - 3 \sigma_{\bar{X}}, \bar{X} + 3 \sigma_{\bar{X}})$, lo cual se aprecia en la fig 8.1 siguiente.

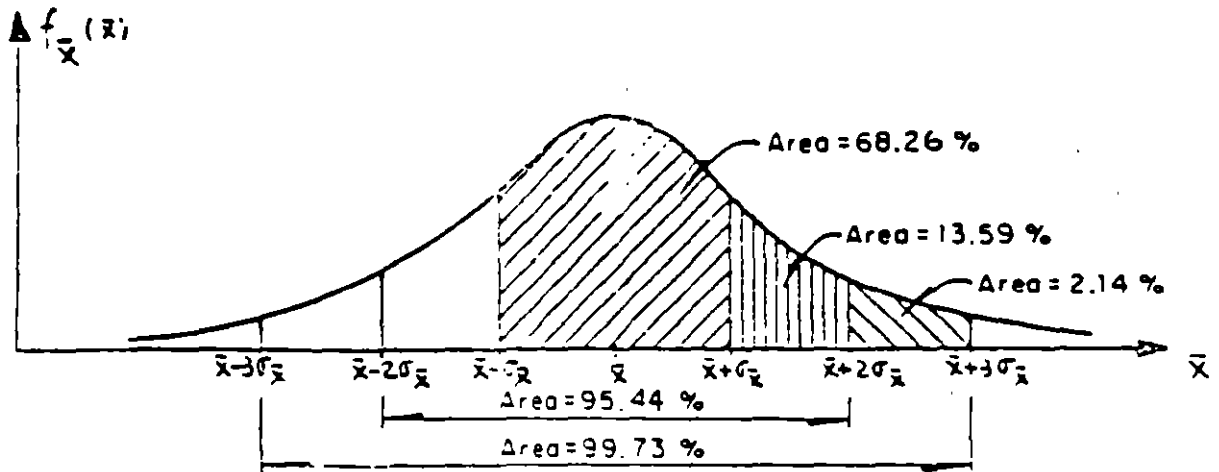


Fig. 8.1

9. Estimación de intervalos de confianza para la media

Los límites de confianza para la media de una población con variable aleatoria X asociada están dados por

$$\bar{X} \pm z_c \sigma_{\bar{X}}$$

en donde z_c depende del nivel de confianza deseado. Si \bar{X} tiene distribución normal, z_c puede obtenerse en forma directa de la tabla 8.1. Por ejemplo, los límites de confianza de 95 y 99 por ciento para estimar la media, μ , de la población son $\bar{X} \pm 1.96 \sigma_{\bar{X}}$ y $\bar{X} \pm 2.58 \sigma_{\bar{X}}$, respectivamente. Al obtener estos límites hay que usar el valor calculado de \bar{X} para la muestra correspondiente.

Entonces, los límites de confianza para la media de la población quedan dados por

en caso de que el muestreo se haga a partir de una población infinita o de que se efectúe con remplazo a partir de una población finita, o por

$$\bar{X} \pm z_c \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N_p - n}{N_p - 1}}$$

si el muestreo es sin remplazo a partir de una población finita de tamaño N_p .

Ejemplo 9.1

Las mediciones de los diámetros de una muestra aleatoria de 100 tubos de albañal mostraron una media de 32 cm y una desviación estándar de 2 cm. Obténganse los límites de confianza de

- a. 95 por ciento
- b. 97 por ciento

para el diámetro medio de todos los tubos.

- a. De la tabla 8.1, los límites de confianza del 95 por ciento son

$$\bar{X} \pm 1.96\sigma/\sqrt{n} = 32 \pm 1.96(2/\sqrt{100}) = 32 \pm 0.392 \text{ cm}$$

o sea 31.608 y 32.392, en donde se ha empleado el valor de S_1 para estimar el de σ de la población, puesto que la muestra es suficientemente grande (mayor de 30 elementos). Esto significa

que con una probabilidad de 95 por ciento, el valor de μ_X se encuentra entre 31.608 y 32.392 cm.

b. Si $Z = z_c$ es tal que el área bajo la curva normal a la derecha de z_c es el 1.5 por ciento del área total, entonces el área entre 0 y z_c es $0.5 - 0.015 = 0.485$, por lo que de la tabla de áreas bajo la curva normal se obtiene $z_c = 2.17$. Por lo tanto, los límites de confianza del 97 por ciento son:

$$\bar{X} \pm 2.17\sigma/\sqrt{n} = 32 \pm 2.17(2/\sqrt{100}) = 32 \pm 0.434 \text{ cm}$$

y el intervalo de confianza respectivo es (31.566 cm, 32.434 cm).

Ejemplo 9.2

Una muestra aleatoria de 50 calificaciones de cierto examen de admisión tiene un promedio aritmético de 72 puntos, con desviación estándar igual a 10. Si el examen se aplicó a 1018 personas, obtener

- El intervalo de confianza del 95% para la media del total de calificaciones.
- El tamaño de muestra necesario para que el error en la estimación de la media no exceda de 2 puntos, considerando el mismo nivel de confianza.
- El nivel de confianza para el cual la media de la población sea 72 ± 1 puntos.

a. Si se estima a σ de la población con S_x de la muestra y se considera que la población es finita, los límites de confianza son, puesto que $\bar{X} = 72$, $z_c = 1.96$, $S_x = 10$, $N_p = 1018$ y $n = 50$,

$$72 \pm 1.96 \frac{10}{\sqrt{50}} \sqrt{\frac{1018 - 50}{1018 - 1}}$$

$$72 \pm 1.96 (1.4142) (0.9755)$$

$$72 \pm 2.704$$

y el intervalo de confianza respectivo es

$$(69.296, 74.704)$$

b. Puesto que el error en la estimación de la media es, para población finita,

$$\text{Error en la estimación} = z_c \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N_p - n}{N_p - 1}}$$

en este caso se tendría

$$z_c \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N_p - n}{N_p - 1}} < 2$$

o sea, para un nivel de confianza de 95%,

$$1.96 \frac{10}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1018 - n}{1018 - 1}} < 2$$

$$\frac{19.6}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1018 - n}{1018 - 1}} < 2$$

Elevando al cuadrado la desigualdad, queda

$$\frac{384.16}{n} \frac{1018 - n}{1017} < 4$$

o sea

$$87.85 < n$$

Por lo cual, se requieren al menos 88 elementos en la muestra para que el error en la estimación no exceda de 2 puntos, para $1 - \alpha = 0.95$.

c. Los límites de confianza son, en este caso

$$72 \pm z_c \frac{10}{\sqrt{50}} \sqrt{\frac{1018 - 50}{1018 - 1}}$$

$$72 \pm z_c (1.4142) (0.9755)$$

o sea

$$72 \pm 1.3795 z_c$$

Puesto que se desea que el valor de la media sea 72 ± 1 puntos, se verifica que

$$1 = 1.3795 z_c$$

o decir

$$z_c = \frac{1}{1.3795} = 0.725$$

El área bajo la curva normal estándar entre 0 y $Z_c = 0.725$ es, por interpolación lineal, igual a 0.2657. Por lo tanto, el nivel de confianza es igual al doble del área anterior, es decir, $2(0.2657) = 0.5314$ (o 53.14%), tal como se muestra en la fig 9.1.

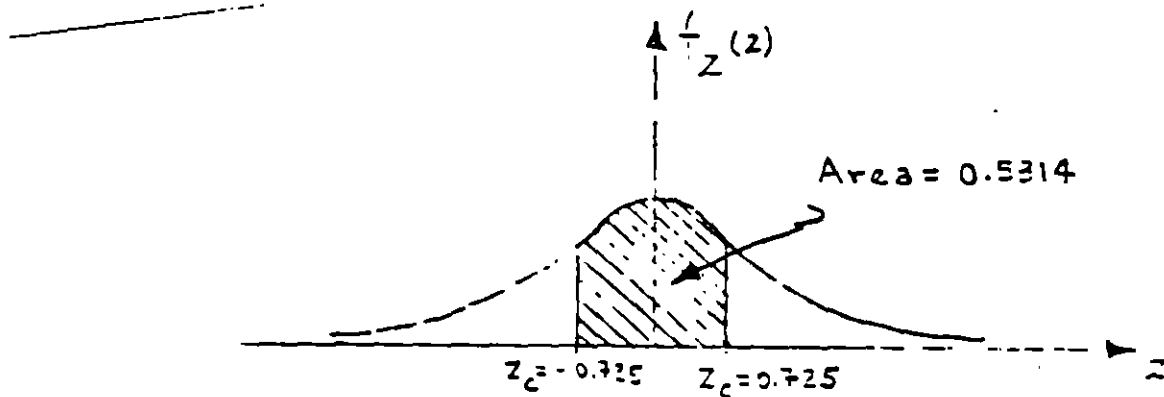


Fig 9.1

10. Intervalos de confianza para diferencias de medias

Los límites de confianza para la diferencia de las medias cuando las poblaciones X y Y son infinitas, o cuando el muestreo se realiza con remplazo de poblaciones finitas, se encuentran dados por

$$\bar{X} - \bar{Y} \pm z_c \sigma_{\bar{X} - \bar{Y}} = \bar{X} - \bar{Y} \pm z_c \sqrt{\frac{\sigma_X^2}{n_X} + \frac{\sigma_Y^2}{n_Y}}$$

en donde \bar{X} , n_X y \bar{Y} , n_Y son los respectivos promedios aritméticos y tamaños de las dos muestras extraídas de las poblaciones, y σ_X y σ_Y las desviaciones estándar de estas últimas.

En el caso de que las poblaciones X y Y sean finitas y el muestreo sin remplazo, los límites de confianza son

$$\bar{X} - \bar{Y} \pm z_c \sigma_{\bar{X}-\bar{Y}} = \bar{X} - \bar{Y} \pm z_c \sqrt{\frac{\sigma_X^2}{n_X} \frac{N_X - n_X}{N_X - 1} + \frac{\sigma_Y^2}{n_Y} \frac{N_Y - n_Y}{N_Y - 1}}$$

en donde N_X y N_Y son los tamaños de las poblaciones X y Y, respectivamente.

Las dos ecuaciones anteriores son válidas únicamente si las muestras aleatorias seleccionadas son independientes.

Ejemplo 10.1

Para el ejemplo de las varillas tratado anteriormente (5.2), encontrar el intervalo de confianza del 95.45% para las diferencias de las medias de las poblaciones.

Siendo $\bar{X}_A = \mu_A = 6.5$ kg, $\sigma_A = 0.4$ kg, $\bar{X}_B = \mu_B = 6.3$ kg,

$\sigma_B = 0.3$ kg y $n_A = n_B = 100$, los límites de confianza para la diferencia de las medias son, empleando la tabla 8.1

$$\begin{aligned} \bar{X}_A - \bar{X}_B \pm z_c \sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_B^2}{n_B}} &= 6.5 - 6.3 \pm 2 \sqrt{\frac{(0.4)^2}{100} + \frac{(0.3)^2}{100}} = \\ &= 0.2 \pm 0.1 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el intervalo de confianza respectivo es (0.1, 0.3)

Ejemplo 10.2

Se tienen en una bodega 3000 focos de marca X, y 5000 de marca Y. Se extrae una muestra aleatoria de 150 focos de la marca X, y se obtiene una duración promedio de 1400 horas, con desviación estándar igual a 120 horas. Otra muestra aleatoria de 200 focos de la marca Y tuvo una duración promedio de 1200 horas, con desviación estándar igual a 80 horas. Obtener intervalos de confianza de

a. 95%

b. 99%

para la diferencia de los tiempos medios de duración de los focos de ambas marcas.

a: Puesto que se trata de poblaciones finitas y $\bar{X} = 1400$ h, $S_X = 120$ h, $N_X = 3000$, $n_X = 150$, $\bar{Y} = 1200$ h, $S_Y = 80$ h, $N_Y = 5000$ y $n_Y = 200$, se obtiene, estimando a σ_X y σ_Y con S_X y S_Y , respectivamente

$$1400 - 1200 \pm 1.96 \sqrt{\frac{(120)^2}{150} \frac{3000 - 150}{3000 - 1} + \frac{(80)^2}{200} \frac{5000 - 200}{5000 - 1}}$$

$$200 \pm 1.96 (11.04)$$

$$200 \pm 21.638$$

o sea, (178.362, 221.638), puesto que de la tabla 8.1, para un nivel de confianza de 95%, $Z_c = 1.96$.

b. En este caso, al emplear la tabla 8.1 se obtiene

$Z_{\alpha} = 2.58$ para un nivel de confianza de 99%, por lo cual los límites son

$$1400 - 1200 \pm 2.58 \sqrt{\frac{(120)^2}{150} \frac{3000 - 150}{3000 - 1} + \frac{(80)^2}{200} \frac{5000 - 2000}{5000 - 1}}$$

$$200 \pm 2.58 (11.04)$$

$$200 \pm 28.483$$

y el intervalo de confianza es

$$(171.517, 228.483)$$

11. Pruebas de hipótesis

Supóngase que una empresa armadora de automóviles está en la disyuntiva de emplear una nueva marca de bujías en sus unidades o la que regularmente utiliza, y que su departamento de control de calidad debe decidir, con base en la información de las muestras de las dos marcas distintas. Las decisiones de este tipo, es decir, que se basan en estudios estadísticos, tienen el nombre de *decisiones estadísticas*, y a los procedimientos que permiten decidir si se acepta o rechaza una hipótesis las llama *pruebas de hipótesis*, *pruebas de significancia* o *pruebas de decisión*.

Al tomar decisiones estadísticas, es necesario considerar las diversas alternativas o cursos de acción que pueden

En el caso particular de una *prueba de hipótesis* solamente se tienen dos cursos de acción posibles, los que se denotarán como H_0 y H_1 . A la acción H_0 se le llama *hipótesis nula*, y a la H_1 , *hipótesis alternativa*. Por ejemplo, si la hipótesis nula establece que $\mu_1 = \mu_2$, la hipótesis alternativa puede ser una de las siguientes:

$$\mu_1 > \mu_2, \mu_1 < \mu_2 \text{ o } \mu_1 \neq \mu_2$$

Al realizar una prueba de hipótesis, se prueba siempre la verdad de la hipótesis nula H_0 , aun cuando de antemano se de see rechazarla.

12. Errores de los tipos I y II. Nivel de significancia

En muchas ocasiones se presenta el caso de que se recha za una hipótesis nula cuando en realidad debería ser aceptada; cuando esto sucede se dice que se ha cometido un *error de tipo I*. En otras ocasiones se acepta una hipótesis nula siendo en realidad falsa; en este caso se dice que se ha cometido un *error de tipo II*.

Al probar una hipótesis nula, a la máxima probabilidad con la que se está dispuesto a cometer un error del tipo I se le llama *nivel de significancia*, α , de la prueba, el cual dentro de la práctica se acostumbra establecer de 5 por ciento (0.05) o 10 por ciento (0.1). El complemento del nivel de significancia, $1 - \alpha$, se conoce como *nivel de confianza*.

Si, por ejemplo, al realizar una prueba de hipótesis se escoge un nivel de significancia de 10 por ciento, significa que existen 10 posibilidades en 100 de que se rechace ésta cuando debería ser aceptada; es decir, que se rechaza a un nivel de significancia del 10 por ciento, y que la probabilidad de que la decisión haya sido errónea es de 0.1.

13. Comportamiento de los errores tipos I y II

Supóngase que se trata de probar la hipótesis nula de que la media, μ_S , de la distribución muestral de la estadística S es μ_1 , en contra de la hipótesis alternativa que establece que $\mu_S = \mu_2$, donde $\mu_2 > \mu_1$, es decir

$$H_0 : \mu_S = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_S = \mu_2$$

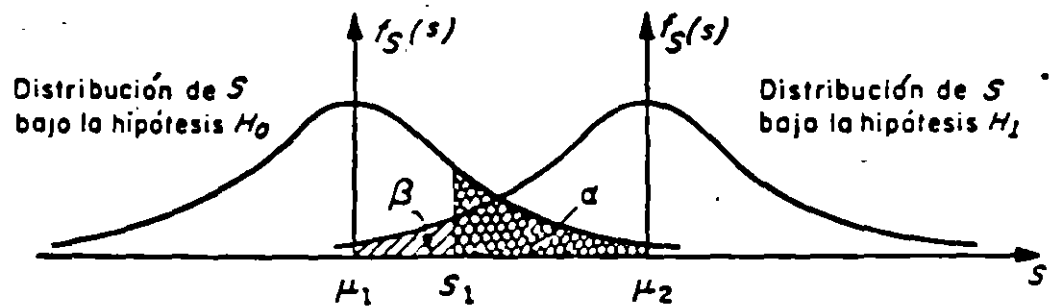
En la fig 13.1 se muestra en forma gráfica la relación entre los errores tipos I y II en el caso en el que la regla de decisión para aceptar o rechazar H_0 es la siguiente:

Si el valor de la estadística S obtenido de una muestra excede de cierto valor crítico S_1 , recházese H_0 ; en caso contrario, acéptese.

Es evidente que si H_0 es verdadera, entonces α (área con rayado doble) es la probabilidad de que $S > S_1$, o sea la de rechazar a H_0 siendo verdadera (error tipo I). Por otro lado, si H_1 es verdadera, entonces β (área con rayado sencillo) es la probabilidad

de que $S < S_1$, o sea la de aceptar H_0 siendo falsa (error tipo II).

Obsérvese que si se aumenta el valor de S_1 se reduce la probabilidad α , pero se incrementa la β ; lo contrario sucede si se disminuye el valor de S_1 .



$$P[S > S_1] = \alpha \text{ (error tipo I)}$$

$$P[S < S_1] = \beta \text{ (error tipo II)}$$

Fig 13.1 Probabilidades de los errores tipos I y II en pruebas de hipótesis.

En realidad, la única forma posible en la cual se pueden minimizar simultáneamente los errores de tipos I y II es aumentando el tamaño de la muestra, para hacer más "picudas" las distribuciones muestrales de la estadística bajo las hipótesis H_0 y H_1 .

Al observar la siguiente, es posible concluir

que el tamaño de los errores I y II es menor para un tamaño de muestra igual a 100 que para un tamaño igual a 50, considerando la misma regla de decisión anterior.

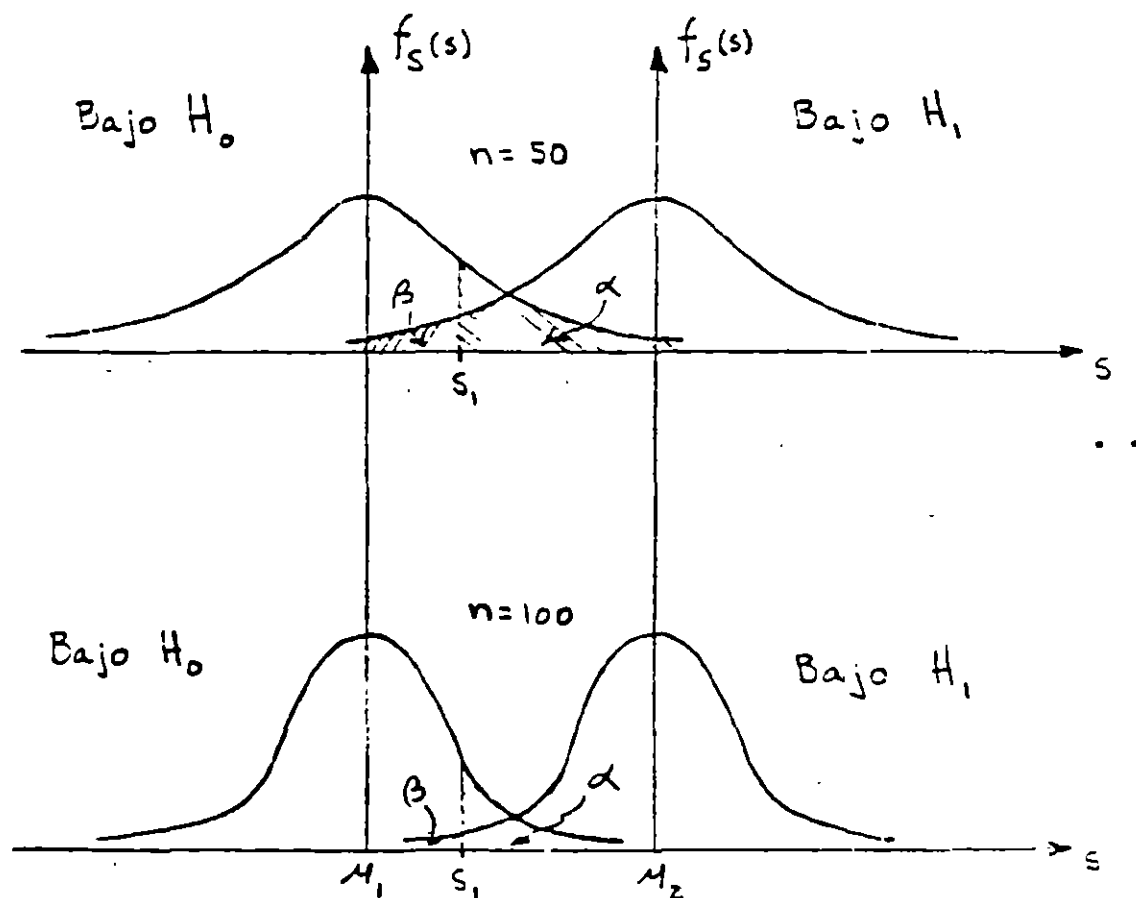


Fig 13.2

Sin embargo, esta tentativa de reducción simultánea de los dos tipos de errores no siempre es factible en práctica, a razones de costo, tiempo, etc.

14. Regiones críticas, de rechazo ó de significancia. Regiones de aceptación.

Cuando una hipótesis nula no se acepta se dice que se rechaza a un nivel de significancia del α por ciento, o que el valor estandarizado de la estadística involucrada es significativo a un nivel de significancia α .

Al conjunto de los valores de la estadística en el que se rechaza la hipótesis nula se le denomina *región crítica, de rechazo, o de significancia*. Por el contrario, al conjunto de los valores de la estadística en que se acepta la hipótesis, se le llama *región de aceptación*.

Considérese que la distribución muestral de la estadística S es normal con desviación estándar σ_S , que la variable Z resulta de estandarizar a S , que la hipótesis nula, H_0 , es que la media de S vale μ_S , y que la hipótesis alternativa H_1 es que dicha media es diferente de μ_S , es decir, que

$$Z = \frac{S - \mu_S}{\sigma_S}$$

H_0 : media de la distribución muestral de $S = \mu_S$

H_1 : media de la distribución muestral de $S \neq \mu_S$

Si se adopta la regla de decisión de aceptar la hipótesis H_0 , si el valor de Z cae dentro del intervalo central que encierra al 99 por ciento del área de la distribución de probabilidades, entonces H_0 se aceptará en el caso en que

$$-2.58 \leq Z \leq 2.58$$

empleando la tabla de áreas bajo la curva normal estándar. Pero si el valor estandarizado de la estadística se encuentra fuera de dicho intervalo, se concluye que el evento puede ocurrir con probabilidad de 0.01 si la hipótesis H_0 es verdadera (área rayada total de la fig 14.1). En tal caso, el valor Z de la variable estándar difiere *significativamente* del que se podría esperar de acuerdo con la hipótesis nula, lo cual inclina a rechazarla a un nivel de confianza del 99 por ciento.

De lo anterior se deduce que el área total rayada de la fig 14.1 es el nivel de significancia α de la prueba, y representa la probabilidad de cometer un error del tipo I. Por ello, la región de aceptación de H_0 es $-2.58 \leq Z \leq 2.58$, y la de rechazo es $Z > 2.58$ y $Z < -2.58$.

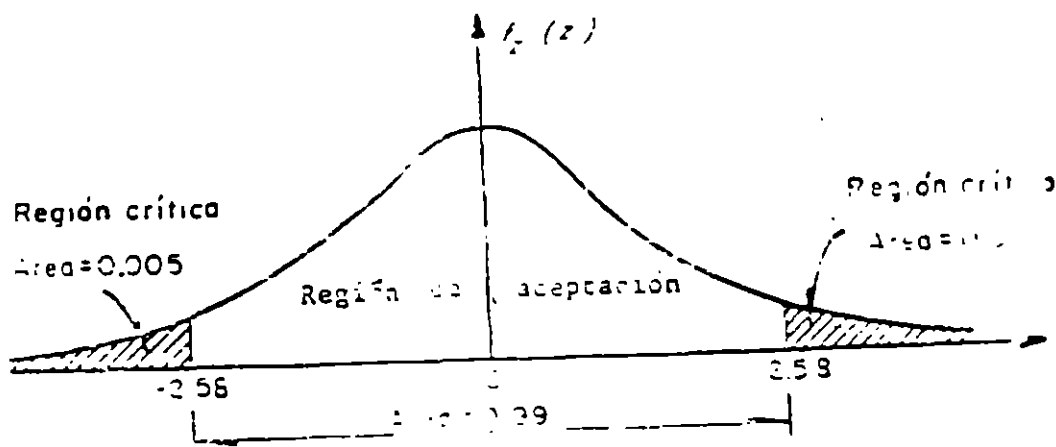


Fig. 14.1. Región de aceptación y región crítica

En la tabla 14.1 se presentan los valores de la variable estandarizada, Z , que limitan las regiones de aceptación y de rechazo para el caso en el que la estadística involucrada en la prueba tenga distribución muestral normal. Cuando en alguna prueba de hipótesis se consideren niveles de significancia diferentes a los que aparecen en la tabla mencionada, resulta necesario emplear la de áreas bajo la curva normal estándar.

TABLA 14.1 VALORES CRITICOS DE z

Nivel de significancia, α	Valores de z para pruebas de una cola	Valores de z para pruebas de dos colas
0.1	-1.281 o 1.281	-1.645 y 1.645
0.05	-1.645 o 1.645	-1.960 y 1.960
0.01	-2.326 o 2.326	-2.575 y 2.575
0.005	-2.575 o 2.575	-2.810 y 2.810

15. Pruebas de una y de dos colas

En la prueba de hipótesis del ejemplo anterior, la región de rechazo de la hipótesis nula quedó en ambos extremos (colas) de la distribución muestral de la estadística involucrada en la prueba; a las pruebas de este tipo se les denomina *pruebas de dos colas*. Cuando la región de rechazo se encuentra solamente en un extremo de la distribución muestral en cuestión, se les llama *pruebas de una cola*.

Las pruebas de dos colas se presentan cuando en la hipótesis alternativa aparece el signo \neq (diferente de), como en el siguiente caso

$$H_0 : \mu_S = \mu_1,$$

$$H_1 : \mu_S \neq \mu_1$$

en donde μ_S es la media de la estadística S , y μ_1 es un valor fijo.

En los casos

$$H_0 : \mu_S = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_S < \mu_1$$

y

$$H_0 : \mu_S = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_S > \mu_1$$

las pruebas resultan de una cola.

16. Pruebas de hipótesis para la media

Para el caso de una población infinita (o finita en que se muestree con remplazo), cuya desviación estándar σ se conoce o se puede estimar adecuadamente, si se tiene que la estadística S obtenida de la muestra es el promedio aritmético, entonces la media de su distribución muestral es $\mu_S = \mu_{\bar{X}} = \mu$, y su desviación estándar es $\sigma_S = \sigma_{\bar{X}} = \sigma/\sqrt{n}$, en donde μ y σ son, respectivamente, la media y la desviación estándar de la variable aleatoria X asociada a la población, y n es el tamaño de la muestra. En tal caso, si \bar{X} tiene distribución normal, la variable estandarizada correspondiente será

$$z = \frac{\bar{X} - \mu_{\bar{X}}}{\sigma_{\bar{X}}} = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Para el caso de muestreo sin remplazo de población finita, se tiene que $\sigma_S = \sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N_p - n}{N_p - 1}}$, en donde N_p es el tamaño de la población, por lo que la variable estandarizada será

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N_p - n}{N_p - 1}}}$$

En los dos casos anteriores, el valor de Z correspondiente al de \bar{X} de la muestra es el que se debe comparar con el valor crítico correspondiente al nivel de significancia fijado, para así aceptar o no la hipótesis nula (prueba de una cola). Si se trata de una prueba de dos colas, el valor de Z se debe comparar con los dos valores críticos que corresponden al valor de α seleccionado. En cualquiera de los casos anteriores, el valor o valores críticos se pueden obtener de la tabla 14.1, para valores comunes de α .

Ejemplo 16.1

Se sabe que el promedio de calificaciones de una muestra aleatoria de tamaño 100 de los estudiantes de tercer año de ingeniería civil es de 7.6, con una desviación estándar de 0.2. Si μ denota la media de la población de esas calificaciones, y se supone que \bar{X} tiene distribución normal, probar la hipótesis

$\mu = 7.65$ en contra de la hipótesis alternativa $\mu \neq 7.65$, usando un nivel de significancia de

a. 0.05

b. 0.01

Para la solución se deben considerar las hipótesis

$$H_0 : \mu = 7.65$$

$$H_1 : \mu \neq 7.65$$

Puesto que $\mu \neq 7.65$ incluye valores menores y mayores de 7.65, se trata de una prueba de dos colas.

La estadística bajo consideración es el promedio aritmético, \bar{X} , de la muestra, que se supone extraída de una población infinita. La distribución muestral de \bar{X} tiene media $\mu_{\bar{X}} = \mu$, y desviación estándar $\sigma_{\bar{X}} = \sigma/\sqrt{n}$, en donde μ y σ denotan, respectivamente, la media y la desviación estándar de la población de calificaciones.

Bajo la hipótesis H_0 (considerándola verdadera), se tiene que

$$\mu_{\bar{X}} = 7.65 = \mu$$

y utilizando la desviación estándar de la muestra como una estimación de σ , lo cual se supone razonable por tratarse de una muestra grande,

$$\sigma_{\bar{X}} = \sigma/\sqrt{n} = 0.2/\sqrt{100} = 0.2/10 = 0.02$$

a. Para la prueba de dos colas a un nivel de significancia de 0.05 se establece la siguiente regla de decisión

Aceptar H_0 si el valor Z correspondiente al valor del promedio de la muestra se encuentra dentro del intervalo de -1.96 a 1.96 (tabla 14.1).

En caso contrario, rechazar H_0 .

Puesto que

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{7.6 - 7.65}{0.02} = -2.5$$

se encuentra fuera del rango de -1.96 a 1.96, se rechaza la hipótesis H_0 a un nivel de significancia de 0.05.

b. Si el nivel de significancia es 0.01, el intervalo de -1.96 a 1.96 de la regla de decisión del inciso a se reemplaza por el de -2.58 a 2.58 tabla (14.1). Entonces, puesto que el valor muestral $Z = -2.5$ se encuentra dentro de este intervalo, se acepta la hipótesis H_0 a un nivel de significancia de 0.01.

Ejemplo 16.2

La resistencia media a la ruptura de cables de acero fabricados por la empresa X es de 905 kg. Una empresa consultora sugiere a X que cambie su proceso de manufactura, con lo cual incrementará la resistencia de sus cables. Se prueba el nuevo proceso, y se extrae una muestra aleatoria de 50 cables, obteniéndose para ellos una resistencia promedio de 926 kg, con tes-

viación estándar igual a 42 kg. ¿Se puede considerar que el nuevo proceso realmente incrementa la resistencia, con un nivel de confianza de 99%?

En este caso, se debe plantear una prueba de hipótesis de una cola, para la cual

$$H_0 : \mu = 905 \text{ kg}$$

$$H_1 : \mu > 905 \text{ kg}$$

Puesto que el tamaño de la muestra es suficientemente grande, se puede aproximar la distribución muestral de la resistencia promedio mediante una normal, y estimar el valor de σ de la población mediante S_x de la muestra.

Considerando a la población infinita, y suponiendo como verdadera a H_0 , se tiene que

$$\mu_{\bar{X}} = \mu = 905 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{42}{\sqrt{50}} = 5.94$$

Para la prueba de una cola a un nivel de significancia de $\alpha = 1 - (1 - \alpha) = 1 - 0.99 = 0.01$, la regla de decisión es

Aceptar H_0 si el valor estandarizado de \bar{X} de la muestra es menor o igual a $Z_{\alpha} = 2.326$ (tabla 14.1); en caso contrario, rechazar H_0 .

En virtud de que

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_{\bar{X}}}{\sigma_{\bar{X}}} = \frac{926 - 905}{5.94} = 3.535$$

es mayor de 2.326, se rechaza H_0 a un nivel de significancia de 1%, concluyéndose que en realidad el nuevo proceso sí incrementa la resistencia de los cables.

17. Pruebas de diferencias de medias

Sean \bar{X} y \bar{Y} los promedios aritméticos obtenidos de dos muestras de tamaños n_X y n_Y , extraídas respectivamente de dos poblaciones con medias μ_X y μ_Y , y desviaciones estándar σ_X y σ_Y . Se trata de probar la hipótesis nula, H_0 , de que no existe diferencia entre las medias, es decir, que $\mu_X = \mu_Y$. Si n_X y n_Y son suficientemente grandes (>30), la distribución muestral de las diferencias de los promedios es aproximadamente normal. Dicha distribución muestral es rigurosamente normal si las variables aleatorias X y Y asociadas a la población tienen distribución normal, aunque n_X y n_Y sean menores de 30. Para esta distribución muestral, la variable estandarizada Z , que se compara con los valores críticos correspondientes, se encuentra dada por

$$Z = \frac{X - Y - \mu_{\bar{X}-\bar{Y}}}{\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}}} = \frac{X - Y - 0}{\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}}} = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}}}$$

con la cual se puede probar la hipótesis nula H_0 en contra de otras hipótesis alternativas, H_1 , a un nivel apropiado de significancia.

Ejemplo 17.1

En el laboratorio de pruebas de una empresa fabricante de aparatos electrónicos se ensayaron dos marcas de transistores, A y B, de características similares, con objeto de comprobar su ganancia de voltaje. Se tomaron muestras aleatorias de 100 transistores de cada marca, arrojando una ganancia promedio de 31 decibeles, con desviación estándar de 0.3 decibeles para la marca A, y 30.9 decibeles de ganancia promedio, con desviación estándar de 0.4 decibeles para la otra. ¿Existe una diferencia significativa entre las ganancias en voltaje de los transistores a un nivel de significancia de

- a. 0.05
- b. 0.01?

Si μ_A y μ_B son las medias respectivas de las dos poblaciones infinitas a las que corresponden las muestras, la prueba de hipótesis adopta la forma siguiente:

$$H_0 : \mu_A = \mu_B$$

$$H_1 : \mu_A \neq \mu_B$$

Entonces, el valor de Z es, bajo la hipótesis H_0 :

$$Z = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{\sigma_{\bar{X}_A - \bar{X}_B}} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{r_1} + \frac{\sigma_2^2}{r_2}}} = \frac{31 - 30.9}{\sqrt{\frac{(0.3)^2}{100} + \frac{(0.4)^2}{100}}} = 2$$

a. Puesto que se trata de una prueba de dos colas a un nivel de significancia de 0.05, la diferencia es significativa si el valor de Z se encuentra fuera del intervalo de -1.96 a 1.96 . Como este es el caso, puede concluirse que efectivamente existe diferencia significativa en la ganancia en voltaje de los transistores.

b. Si la prueba es a un nivel de significancia de 0.01, la diferencia es significativa si Z se encuentra fuera del rango de -2.58 a 2.58 . Partiendo del hecho de que $Z = 2$, la diferencia entre las ganancias es producto del azar, y se acepta la hipótesis de que ambos tipos de transistores tienen igual ganancia media en voltaje a un nivel de confianza de 99 por ciento.

Ejemplo 17.2

La estatura promedio de 50 estudiantes varones tomados al azar que participan en actividades deportivas es de 173 cm, con desviación estándar de 6.3 cm. Otra muestra aleatoria de 50 estudiantes varones que no participan en ese tipo de actividades tiene promedio de estatura igual a 171 cm, con desviación estándar igual a 7.1 cm. Probar la hipótesis de que los estudiantes varones que practican deportes son más altos que los que no lo hacen, a un nivel de significancia de 0.05.

Se debe decidir entre las hipótesis

$$H_0 : \mu_X = \mu_Y$$

$$H_1 : \mu_X > \mu_Y$$

siendo X la variable aleatoria asociada a la población infinita de estaturas de alumnos que practican deportes, y Y la asociada a la de estudiantes que no lo hacen, que también es infinita.

Bajo la hipótesis H_0 , se tiene que

$$\mu_{\bar{X}-\bar{Y}} = 0$$

$$\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}} = \sqrt{\frac{\sigma_X^2}{n_X} + \frac{\sigma_Y^2}{n_Y}} = \sqrt{\frac{(6.3)^2}{50} + \frac{(7.1)^2}{50}} = 1.3424$$

Entonces, el valor de Z es

$$Z = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}}} = \frac{173 - 171}{1.3424} = \frac{2}{1.3424} = 1.489$$

Puesto que se trata de una prueba de hipótesis de una cola, a un nivel $\alpha = 0.05$, se rechazaría H_0 si el valor de Z muestral fuera mayor del valor crítico para dicho nivel, el cual es $Z_c = 1.645$. Puesto que $Z < Z_c$, en este caso se concluye que la diferencia en las estaturas de ambos grupos de estudiantes se debe únicamente al azar.

tiene ordenadas mayores de cero en el lado de las abscisas negativas. De hecho, la estadística S_x^2 se puede estudiar si se consideran muestras aleatorias de tamaño n extraídas de una población normal con desviación estándar σ_x y si para cada muestra se calcula el valor de la estadística.

$$\chi^2 = \frac{n S_x^2}{\sigma^2} \quad (3.14)$$

donde S_x^2 es la variancia de la muestra.

El número de grados de libertad, ν , de una estadística se define como

$$\nu = n - k$$

siendo n el tamaño de la muestra y k el número de parámetros de la población que deben estimarse a partir de ella.

La distribución muestral de la estadística χ^2 está dada por la ecuación:

$$f(\chi^2) = U \chi^{\nu-2} e^{-1/2 \chi^2}$$

en la que U es una constante que hace que el área total bajo la curva resulte igual a uno, y $\nu = n - 1$ es el número de grados de libertad. Esta distribución se llama *Ji cuadrada*, misma que se presenta en la fig 21 para distintos valores de ν .

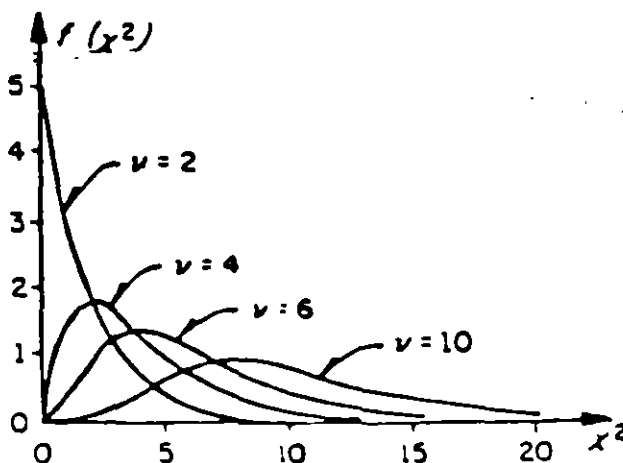


Fig 21 Distribución Ji cuadrada, para distintos valores de ν

3.4 Muestras pequeñas

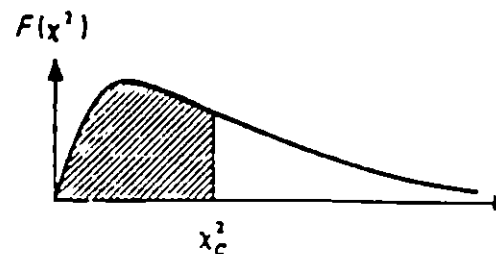
Como ya se indicó, para muestras grandes ($n \geq 30$) las distribuciones muestrales de muchas estadísticas son aproximadamente normales, siendo tanto mejor la aproximación cuanto mayor es el tamaño de n . Sin embargo, cuando se trata de muestras en las que $n < 30$, llamadas *muestras pequeñas*, la aproximación no es suficientemente buena, por lo que resulta necesario introducir una teoría apropiada para su estudio.

Al estudio de las distribuciones muestrales de las estadísticas para muestras pequeñas se le llama *teoría estadística de las muestras pequeñas*. Existen al respecto tres distribuciones importantes: *Ji cuadrada*, *F* y *t de Student*.

3.4.1 Distribución Ji cuadrada (χ^2)

Hasta ahora solo se ha tratado la distribución muestral de la media. En esta sección se verá lo concerniente a la distribución muestral de la variancia, S_x^2 , para muestras aleatorias extraídas de poblaciones normales. Puesto que S_x no puede ser negativa, es de esperarse que su distribución muestral no sea una curva normal, ya que esta

TABLA 8. VALORES CRITICOS χ^2



ν	$\chi^2_{.995}$	$\chi^2_{.99}$	$\chi^2_{.975}$	$\chi^2_{.95}$	$\chi^2_{.90}$	$\chi^2_{.75}$	$\chi^2_{.50}$	$\chi^2_{.25}$	$\chi^2_{.10}$	$\chi^2_{.05}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.01}$	$\chi^2_{.005}$
1	7.88	6.63	5.02	3.84	2.71	1.32	.455	.102	.016	.0039	.0010	.0002	.0001
2	10.6	9.21	7.38	5.99	4.61	2.77	1.39	.575	.211	.103	.0506	.0201	.0100
3	12.8	11.3	9.35	7.81	6.25	4.11	2.37	1.21	.584	.352	.216	.115	.072
4	14.9	13.3	11.1	9.49	7.76	5.39	3.36	1.92	1.06	.711	.483	.297	.207
5	16.7	15.2	12.8	11.15	9.2	6.63	4.35	2.67	1.61	1.15	.831	.554	.413
6	18.5	16.8	14.4	12.6	10.6	7.84	5.35	3.45	2.20	1.64	1.24	.872	.676
7	20.3	18.5	16.0	14.1	12.0	9.04	6.35	4.25	2.83	2.18	1.69	1.24	.989
8	22.0	20.1	17.5	15.5	13.4	10.2	7.34	5.07	3.49	2.73	2.18	1.65	1.34
9	23.6	21.7	19.0	16.9	14.7	11.4	8.34	5.90	4.17	3.33	2.70	2.09	1.73
10	25.2	23.2	20.5	18.3	16.0	12.5	9.34	6.74	4.87	3.94	3.25	2.56	2.16
11	26.8	24.7	21.9	19.7	17.3	13.7	10.35	7.57	5.58	4.57	3.82	3.05	2.60
12	28.3	26.2	23.2	21.0	18.5	14.8	11.3	8.44	6.30	5.23	4.40	3.57	3.07
13	29.8	27.7	24.7	22.4	19.8	16.0	12.3	9.30	7.04	5.89	5.01	4.11	3.57
14	31.3	29.1	26.1	23.7	21.1	17.2	13.3	10.2	7.79	6.57	5.63	4.66	4.07
15	32.7	30.6	27.5	25.1	22.3	18.2	14.3	11.0	8.55	7.26	6.25	5.22	4.60
16	34.3	32.0	28.8	26.3	23.5	19.4	15.3	11.9	9.31	7.96	6.91	5.81	5.14
17	35.7	33.4	30.2	27.6	24.8	20.5	16.3	12.8	10.1	8.67	7.56	6.41	5.70
18	37.2	34.8	31.5	28.9	26.0	21.6	17.3	13.7	10.9	9.39	8.23	7.01	6.26
19	38.6	36.2	32.9	30.1	27.2	22.7	18.3	14.6	11.73	10.1	8.91	7.63	6.84
20	40.0	37.6	34.2	31.4	28.45	23.8	19.3	15.5	12.4	10.9	9.59	8.26	7.43
21	41.4	38.8	35.6	32.7	29.6	24.9	20.3	16.3	13.2	11.6	10.3	8.90	8.02
22	42.8	40.3	36.8	33.9	30.8	26.0	21.3	17.2	14.0	12.3	11.0	9.54	8.64
23	44.2	41.6	38.1	35.2	32.0	27.1	22.3	18.1	14.8	13.1	11.7	10.2	9.26
24	45.6	43.0	39.4	36.4	33.2	28.2	23.3	19.0	15.7	13.8	12.4	10.9	9.89
25	46.9	44.3	40.6	37.7	34.4	29.3	24.3	19.9	16.5	14.5	13.15	11.5	10.5
26	48.3	45.6	41.9	38.9	35.6	30.4	25.3	20.8	17.3	15.4	13.8	12.2	11.2
27	49.6	47.0	43.2	40.1	36.7	31.5	26.3	21.7	18.1	16.2	14.6	12.9	11.9
28	51.0	48.3	44.5	41.3	37.9	32.6	27.3	22.7	18.9	16.9	15.3	13.6	12.6
29	52.3	49.6	45.7	42.5	39.1	33.7	28.3	23.6	19.8	17.7	16.0	14.3	13.3
30	53.7	50.9	47.0	43.8	40.3	34.8	29.3	24.5	20.6	18.5	16.8	15.0	14.0
40	66.8	63.7	59.3	55.8	51.8	45.7	39.3	33.7	29.1	26.5	24.4	22.2	20.7
50	79.5	76.2	71.4	67.5	63.2	56.3	49.3	43.0	37.7	34.8	32.4	30.2	28.3
60	92.0	88.4	83.3	79.1	74.4	67.0	59.3	52.3	46.5	43.2	40.5	38.2	35.8
70	104.2	100.4	95.0	90.5	85.5	77.6	69.3	61.7	55.3	51.7	48.8	46.0	43.3
80	116.3	112.3	106.6	101.9	96.6	89.1	79.3	71.1	64.3	60.4	57.2	54.3	51.2
90	128.3	124.1	118.1	113.1	107.6	98.6	89.3	80.6	73.3	69.1	65.2	62.0	59.2
100	140.2	135.8	129.6	124.3	118.5	109.1	99.3	90.12	82.4	77.9	74.2	70.8	67.5

No obstante que la distribución Ji cuadrada solo se ha presentado en el estudio de las muestras pequeñas, cabe aclarar que es válida para aquellas mayores de 30 si la variable aleatoria involucrada tiene distribución normal.

3.4.1.1 Intervalo de confianza para la variancia

Tal como se hizo para la distribución normal, se pueden establecer intervalos de confianza para la variancia de la población en términos de la variancia de una muestra extraída de ella, a un nivel de confianza dado $1 - \alpha$, si se hace uso de los valores críticos χ_c^2 de la tabla 8. Por lo tanto, un intervalo de confianza para la estadística χ^2 , estaría dado por

$$\chi_c^2 < \frac{n S_x^2}{\sigma^2} < \chi_c^2 \quad ..$$

donde χ_c^2 y χ_c^2 son los valores críticos para los cuales el $(1 - \alpha)/2$ por ciento del área encuentra en los extremos izquierdo y derecho de la distribución, respectivamente.

Con base en lo anterior, se concluye que

$$\frac{n S_x^2}{\chi_c^2} < \sigma^2 < \frac{n S_x^2}{\chi_c^2}$$

es un intervalo de confianza para estimar a σ^2 a un nivel de confianza $1 - \alpha$.

3.4.1.2 Prueba de hipótesis para la variancia

La prueba de hipótesis para la variancia de una población normal se realiza calculando el valor de la estadística χ^2 estableciendo las hipótesis H_0 y H_1 apropiadas. Es decir, se adoptan reglas de decisión similares a las usadas para la estadística Z.

Ejemplo

La variancia del tiempo de elaboración de cierto producto es de 40 min. sin embargo, su proceso de manufactura se modifica y se toma una

veinte tiempos, para la cual la variancia resulta ser igual a 62 min. ¿Es significativo el aumento del tiempo de elaboración a un nivel de significancia de

- a) 0.05
- b) 0.01?

Se debe decidir de entre las hipótesis

$$H_0 : \sigma^2 = 40 \text{ min}$$

$$H_1 : \sigma^2 > 40 \text{ min}$$

Suponiendo que la hipótesis nula es correcta, el valor de la estadística χ^2 para la muestra considerada es

$$\chi^2 = \frac{n S_x^2}{\sigma^2} = \frac{(20)(62)}{40} = 31$$

a) Como se trata de una prueba de una cola, la hipótesis H_0 se rechazaría si el valor de la estadística χ^2 fuera mayor que el de χ^2 para un nivel de significancia igual a 0.05, el cual, para $\nu = 20 - 1 = 19$ grados de libertad resulta ser 30.1 (tabla 8). Como $31 > 30.1$, H_0 se rechaza a un nivel de significancia de 0.05.

b) En este caso, el valor de χ^2 para un nivel de significancia de 0.01 y 19 grados de libertad es igual a 36.2. Puesto que $31 < 36.2$, se acepta H_0 a un nivel de significancia de 0.01.

3.4.2 Distribución F

Al efectuar la prueba de hipótesis de igualdad de medias para muestras pequeñas, en la siguiente sección se supondrá que las variancias de las poblaciones a las que corresponden tales muestras son iguales. Por lo tanto, es necesario probar antes si tal suposición es correcta. Para ello, debe considerarse que si S_x^2 , n_x y S_y^2 , n_y son respectivamente la variancia y el tamaño de dos muestras extraídas de poblaciones normales que tienen igual variancia, entonces

$$F = \frac{S_x^2}{S_y^2}$$

TABLA 9. VALORES F_c PARA " = 0.01

Grados de libertad del denominador	Grados de libertad del numerador											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
1	4.052	5.000	5.403	5.625	5.764	5.859	5.928	5.982	6.023	6.056	6.106	6.157
2	3.003	3.403	3.625	3.764	3.859	3.928	3.982	4.023	4.056	4.106	4.157	4.208
3	2.403	2.803	2.925	3.064	3.159	3.228	3.282	3.323	3.356	3.406	3.457	3.508
4	1.903	2.303	2.425	2.564	2.659	2.728	2.782	2.823	2.856	2.906	2.957	3.008
5	1.603	2.003	2.125	2.264	2.359	2.428	2.482	2.523	2.556	2.606	2.657	2.708
6	1.403	1.803	1.925	2.064	2.159	2.228	2.282	2.323	2.356	2.406	2.457	2.508
7	1.303	1.703	1.825	1.964	2.059	2.128	2.182	2.223	2.256	2.306	2.357	2.408
8	1.203	1.603	1.725	1.864	1.959	2.028	2.082	2.123	2.156	2.206	2.257	2.308
9	1.103	1.503	1.625	1.764	1.859	1.928	1.982	2.023	2.056	2.106	2.157	2.208
10	1.003	1.403	1.525	1.664	1.759	1.828	1.882	1.923	1.956	2.006	2.057	2.108
12	0.903	1.303	1.425	1.564	1.659	1.728	1.782	1.823	1.856	1.906	1.957	2.008
15	0.803	1.203	1.325	1.464	1.559	1.628	1.682	1.723	1.756	1.806	1.857	1.908
20	0.703	1.103	1.225	1.364	1.459	1.528	1.582	1.623	1.656	1.706	1.757	1.808
24	0.603	1.003	1.125	1.264	1.359	1.428	1.482	1.523	1.556	1.606	1.657	1.708
30	0.503	0.903	1.025	1.164	1.259	1.328	1.382	1.423	1.456	1.506	1.557	1.608
40	0.403	0.803	0.925	1.064	1.159	1.228	1.282	1.323	1.356	1.406	1.457	1.508
60	0.303	0.703	0.825	0.964	1.059	1.128	1.182	1.223	1.256	1.306	1.357	1.408
120	0.203	0.603	0.725	0.864	0.959	1.028	1.082	1.123	1.156	1.206	1.257	1.308
∞	0.103	0.503	0.625	0.764	0.859	0.928	0.982	1.023	1.056	1.106	1.157	1.208
1	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
2	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
3	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
4	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
5	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
6	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
7	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
8	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
9	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
10	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
12	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
15	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
20	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
24	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
30	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
40	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
60	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
120	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329
∞	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329	6.329

resulta ser el valor de una variable aleatoria (estadística) que tiene distribución F , con parámetros $\nu_X = n_X - 1$ y $\nu_Y = n_Y - 1$. Esta distribución (fig 22) cuenta con dos parámetros, ν_X y ν_Y , que son los grados de libertad que corresponden a la variancia del numerador y del denominador de la ec 3.15, respectivamente. Cuando se hace referencia a una distribución F en particular, siempre se dan primero los grados de libertad para la variancia del numerador; es decir, $F(\nu_X, \nu_Y)$. En la tabla 9 se presentan los valores críticos F_c para distintos valores de ν_X y ν_Y y un nivel de significancia de 0.01. Cuando los grados de libertad ν_X o ν_Y no se encuentren en dicha tabla, el valor de F se puede obtener mediante interpolación lineal. Si se desea probar la hipótesis a otros niveles de significancia, es factible emplear las tablas de la distribución F (refs 9 y 11).

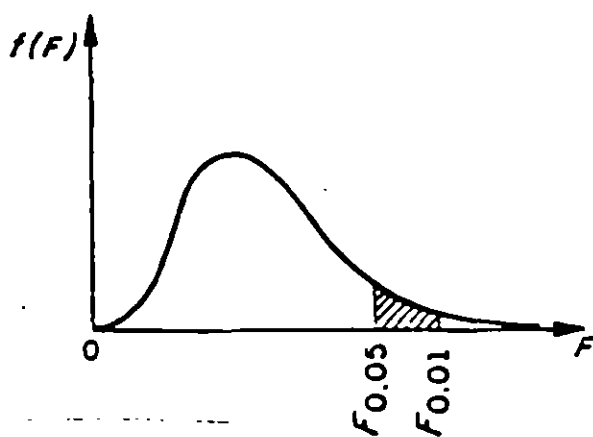


Fig 22. Distribución F .

De acuerdo con lo anterior, se puede probar la hipótesis nula

$$H_0: \sigma_X^2 = \sigma_Y^2$$

en contra de alguna hipótesis alternativa adecuada haciendo uso del hecho de que el cociente S_X^2/S_Y^2 es una estadística que tiene distribución F .

Ejemplo

Una empresa manufacturera de cartón prensado va a decidir acerca del empleo de una prensadora A o una B a fin de obtener un grosor determinado en su producto. El problema estriba en que ambas prensadoras proporcionan grosores muy similares, es decir, que la variancia de los grosores para las dos máquinas es la misma. Para decidir acertadamente, se toma una muestra aleatoria de 31 cartones prensados por la máquina A y otra de 41 por la B. Como las variancias del grosor para los cartones de las muestras resul-

tan ser de 12 y de 5 micras, respectivamente, se establecen las hipótesis

$$H_0: \sigma_A^2 = \sigma_B^2$$

$$H_1: \sigma_A^2 > \sigma_B^2$$

con objeto de probarlas a un nivel de significancia de 0.01.

El valor de la estadística F resulta

$$F = \frac{S_A^2}{S_B^2} = \frac{12}{5} = 2.4$$

Puesto que $\nu_A = 31 - 1 = 30$ y $\nu_B = 4 - 1 = 40$, en la tabla 9 se puede ver que para un nivel de significancia de 0.01 el valor, F_{α} , de $F(30, 40)$ es 2.11. De acuerdo con estos valores, la hipótesis H_0 se rechazaría si el valor de F fuera mayor que $F_{\alpha}(30, 40)$.

Puesto que lo anterior resulta ser cierto, se rechaza H_0 , concluyéndose que la prensadora B sería la mejor elección.

3.4.3 Distribución t de Student

Si se consideran muestras de tamaño n extraídas de una población normal con media μ y variancia desconocida, para cada muestra se puede calcular la estadística T definida mediante la fórmula

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{S_x} \sqrt{n - 1} \quad (3.16)$$

donde \bar{X} es el promedio y S_x la desviación estándar de la muestra.

La distribución muestral de T (fig 23) está dada por la ecuación

$$f(t) = \frac{U}{(1 + \frac{t^2}{\nu})^{(\nu+1)/2}}$$

U = constante

en la que U es una constante que hace que el área bajo la curva sea igual a uno y ν es el número de grados de libertad

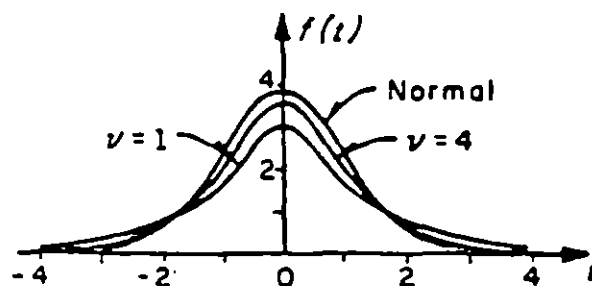


Fig 23. Distribución t de Student para distintos valores de v

En la fig 23 se aprecia que conforme v (o n , el tamaño de la muestra) aumenta, la distribución de $f(t)$ se aproxima a la distribución normal.

3.4.3.1 Límites e intervalos de confianza

De manera similar a como se hizo con la distribución normal, es posible estimar los límites de confianza de la media, μ , de una población mediante los valores críticos, t_c , de la distribución t , que dependen del tamaño de la muestra y del nivel de confianza deseado, encontrándose dichos valores en la tabla 10.

Así pues,

$$-t_c < \frac{\bar{X} - \mu}{S_x} \sqrt{n-1} < t_c$$

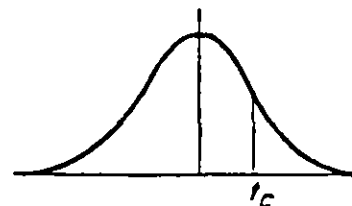
representa un intervalo de confianza para μ , a partir del cual se puede estimar que μ se encuentra dentro del intervalo

$$\bar{X} - t_c \frac{\sigma_x}{\sqrt{n-1}} < \mu < \bar{X} + t_c \frac{\sigma_x}{\sqrt{n-1}}$$

En términos generales, los límites de confianza para la población se representan como

$$\bar{X} \pm t_c \frac{\sigma_x}{\sqrt{n-1}}$$

TABLA 10. VALORES t_c PARA LA DISTRIBUCION
t DE STUDENT



ν	$t_{.995}$	$t_{.99}$	$t_{.975}$	$t_{.95}$	$t_{.90}$	$t_{.80}$	$t_{.75}$	$t_{.70}$	$t_{.60}$	$t_{.55}$
1	63.66	31.82	12.71	6.31	3.07	1.376	1.000	.727	.325	.158
2	9.92	6.96	4.30	2.92	1.89	1.061	.816	.617	.289	.142
3	5.84	4.54	3.18	2.35	1.64	.978	.765	.584	.275	.138
4	4.60	3.75	2.78	2.13	1.53	.941	.741	.569	.271	.134
5	4.04	3.36	2.58	2.02	1.48	.920	.727	.560	.267	.132
6	3.71	3.14	2.45	1.94	1.44	.906	.718	.553	.265	.131
7	3.50	3.00	2.36	1.91	1.43	.896	.711	.549	.263	.130
8	3.36	2.90	2.31	1.86	1.40	.889	.706	.546	.262	.130
9	3.25	2.82	2.26	1.83	1.38	.883	.703	.543	.261	.129
10	3.17	2.76	2.23	1.81	1.37	.879	.700	.542	.260	.129
11	3.11	2.72	2.20	1.80	1.36	.876	.697	.540	.260	.129
12	3.06	2.68	2.18	1.78	1.36	.873	.695	.539	.259	.129
13	3.01	2.65	2.16	1.77	1.36	.871	.694	.538	.259	.128
14	2.98	2.62	2.14	1.76	1.34	.868	.693	.537	.258	.128
15	2.95	2.61	2.13	1.75	1.34	.866	.691	.536	.258	.128
16	2.92	2.58	2.12	1.75	1.34	.865	.690	.535	.258	.128
17	2.90	2.57	2.11	1.74	1.33	.863	.689	.534	.257	.128
18	2.88	2.55	2.10	1.73	1.33	.862	.688	.534	.257	.128
19	2.87	2.54	2.09	1.73	1.33	.861	.688	.533	.257	.127
20	2.84	2.53	2.09	1.72	1.32	.860	.687	.533	.257	.127
21	2.83	2.52	2.08	1.72	1.32	.859	.686	.532	.256	.127
22	2.82	2.51	2.07	1.72	1.32	.858	.686	.532	.256	.127
23	2.81	2.50	2.07	1.71	1.32	.858	.685	.532	.256	.127
24	2.80	2.49	2.06	1.71	1.32	.857	.685	.531	.256	.127
25	2.79	2.48	2.06	1.71	1.32	.856	.684	.531	.256	.127
26	2.78	2.48	2.05	1.71	1.32	.856	.684	.531	.256	.127
27	2.77	2.47	2.05	1.71	1.31	.855	.683	.531	.256	.127
28	2.76	2.47	2.05	1.70	1.31	.855	.683	.530	.256	.127
29	2.76	2.46	2.04	1.70	1.31	.854	.683	.530	.256	.127
30	2.75	2.46	2.04	1.70	1.30	.853	.683	.530	.256	.127
40	2.70	2.43	2.02	1.68	1.30	.851	.681	.529	.255	.127
60	2.66	2.39	2.00	1.67	1.30	.848	.679	.528	.254	.127
120	2.62	2.36	1.98	1.66	1.29	.845	.677	.526	.254	.127
∞	2.58	2.33	1.96	1.645	1.28	.842	.674	.524	.253	.127

3.4.3.2 Pruebas de hipótesis

La prueba de hipótesis para la media de una población se puede efectuar con muestras pequeñas en forma análoga a la de muestras de tamaño mayor de 30 si en lugar de utilizar a la estadística Z se emplea la T . Entonces, si se consideran dos muestras aleatorias cuyos tamaños, desviaciones estándar y promedios son n_X, S_X, \bar{X} y n_Y, S_Y, \bar{Y} , respectivamente, extraídas de poblaciones normales de igual variancia ($\sigma_X^2 = \sigma_Y^2$), se puede probar la hipótesis, H_0 , de que las muestras provienen de una misma población, es decir, de que también sus medias son iguales, utilizando la estadística T definida por

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{e \sqrt{\frac{1}{n_X} + \frac{1}{n_Y}}} \quad (3.17)$$

donde

$$e = \sqrt{\frac{n_X S_X^2 + n_Y S_Y^2}{n_X + n_Y - 2}} \quad (3.18)$$

cuya distribución es la t de Student, con $\nu = n_X + n_Y - 2$ grados de libertad.

Ejemplo

Conforme al plan de desarrollo agrícola de una región, se probó un nuevo fertilizante para maíz. Para ello se escogieron 24 ha de terreno, aplicándose dicho producto a la mitad de ellas. El promedio de producción de maíz en la zona que se usó fertilizante fue de 5.3 ton, con una desviación estándar de 0.40 ton, en tanto que en la otra zona el promedio fue de 5.0 ton, con desviación estándar de 0.36 ton.

De acuerdo con los resultados, ¿se puede concluir que existe un efecto significativo en la producción de maíz al usar fertilizante, si se utiliza un nivel de variancia de

- a) 0.01
- b) 0.05?

Solución

Para probar la hipótesis de igualdad de medias es indispensable saber primero si las muestras provienen de dos poblaciones normales de igual variancia. En ese caso, si σ_x^2 y σ_y^2 denotan a las variancias de la producción de maíz en la zona tratada y en la no tratada, respectivamente, se debe probar la hipótesis nula $H_0: \sigma_x^2 = \sigma_y^2$ en contra de la hipótesis alternativa $H_1: \sigma_x^2 > \sigma_y^2$ a los dos niveles de significancia establecidos.

El valor de la estadística F es, de la ec 3.15,

$$F = \frac{S_x^2}{S_y^2} = \frac{(0.40)^2}{(0.36)^2} = 1.27$$

y el valor crítico de F (11, 11), obtenido de la tabla 9 mediante interpolación lineal, resulta 4.47. Por lo tanto, como $1.27 < 4.47$, se acepta la hipótesis nula a un nivel de significancia de 0.01.

El valor crítico de F (11, 11) a un nivel de significancia de 0.05 (ref. 9) es 2.82, de ahí que como $1.27 < 2.82$, también se acepta la hipótesis H_0 .

Con base en lo anterior, se debe decidir entre las hipótesis

$$H_0: \mu_x = \mu_y \quad (\text{la diferencia en los promedios se debe al azar})$$

$$H_1: \mu_x > \mu_y \quad (\text{el fertilizante mejora la producción})$$

Bajo la hipótesis H_0 , se tiene que

$$e = \sqrt{\frac{n_x S_x^2 + n_y S_y^2}{n_x + n_y - 2}} = \sqrt{\frac{12(0.40)^2 + 12(0.36)^2}{12 + 12 - 2}} = 0.397$$

por lo cual

$$t = \frac{53 - 50}{0.397 \sqrt{\frac{1}{12} + \frac{1}{12}}} = 1.85$$

a) Puesto que se trata de una prueba de una cola a un nivel de significancia de 0.01, se rechaza la hipótesis H_0 si t es mayor que el valor crítico, t_c , correspondiente a dicho nivel, el cual para $\nu = n_x + n_y - 2 = 12 + 12 - 2 = 22$ grados de libertad, se obtiene de la tabla 8 como $t_c = 2.51$. Como $t < t_c$, la hipótesis H_0 no se puede rechazar a un nivel de significancia de 0.01.

b) Si el nivel de significancia de la prueba es de 0.05, se rechaza H_0 si t es mayor que el valor t_c respectivo que para 22 grados de libertad es $t_c = 1.72$, por lo que de acuerdo con lo anterior, H_0 se rechaza a un nivel de significancia de 0.05.

CARTAS DE CONTROL.

Por: M en I Augusto Villarreal A.

INTRODUCCION

Aunque existe la tendencia generalizada a pensar que el Control de Calidad es de desarrollo reciente, realmente no existe nada nuevo en la idea básica de elaborar un producto caracterizado por un alto grado de uniformidad.

Desde siglos, hábiles artesanos han procurado elaborar productos que se distinguen por su superior calidad, y una vez que han logrado obtener un cierto estándar de calidad óptimo, eliminan dentro de lo posible la variación entre productos que nominalmente deben resultar iguales.

La idea de que la estadística puede resultar un instrumento muy útil para asegurar un estándar adecuado de calidad para los productos manufacturados, se remonta no más allá del advenimiento de la producción masiva, y el uso extendido de los métodos estadísticos para resolver problemas de control de calidad es aún más reciente.

Muchos problemas que aparecen durante la elaboración de un producto son susceptibles de ser resueltos empleando tratamientos estadísticos, por lo que al hablar de control estadístico de calidad, nos estaremos refiriendo esencialmente a las dos técnicas especiales que se discutirán en esta parte del curso: uso de las Cartas de Control y muestreo de aceptación.

Profesor Investigador, División de Estudios Superiores e Instituto de Ingenieros, U.A.M.

Conviene mencionar que la palabra calidad, al ser empleada aquí en adelante, se referirá a alguna propiedad medible o contable de algún producto, tal como el diámetro de un balín de acero, la resistencia de una viga de concreto, el número de defectos en una pieza de tela, la eficacia de cierta droga, etc.

IDEAS SOBRE CARTAS DE CONTROL

A muchos individuos les puede sorprender el hecho de que dos artículos aparentemente idénticos, elaborados bajo condiciones cuidadosamente controladas, de las mismas materias primas, y por una misma máquina con diferencia de pocos segundos, puedan, sin embargo, diferir en muchos aspectos.

En efecto, cualquier proceso de manufactura, aun siendo muy bueno, se encuentra caracterizado por una cierta cantidad de variación que es de naturaleza aleatoria, y que no puede ser eliminada en forma completa.

Cuando la variabilidad presente en un proceso de producción se limita a variación aleatoria se dice que el proceso se encuentra en un estado de control estadístico.

Tal estado se puede alcanzar cuando se eliminan aquellos problemas causados por otro tipo de variación, llamada variación sistemática, que es de naturaleza más bien determinística, y que se puede achacar, por ejemplo, a operadores mal entrenados, materia prima de baja calidad, máquinas en mal estado, etc.

Ya que los procesos de manufactura se encuentran rara vez libres

de estos problemas, conviene contar con algún método sistemático para detectar desviaciones serias de un estado de control estadístico cuando ocurren, o inclusive antes de que ocurran, tales desviaciones.

Este método sistemático de detección se puede tener mediante el empleo de las llamadas Cartas de Control.

TIPOS DE CARTAS DE CONTROL

En lo que sigue distinguiremos entre las cartas de control para mediciones o variables (\bar{X} , R, σ) y las cartas de control para atributos (p, c), dependiendo de que las observaciones que estemos analizando sean mediciones o datos contados o calculados, respectivamente.

Un ejemplo del primer caso sería la longitud de las varillas de acero de una muestra. Como ejemplo del segundo caso tendríamos el número de focos defectuosos en una muestra de tamaño dado.

CONFIGURACION DE LAS CARTAS DE CONTROL

En cualquiera de los casos mencionados, una carta de control consiste de una Línea Central, correspondiente a la calidad promedio a la que el proceso debe funcionar, y dos líneas que corresponden al Límite Superior de Control (LSC) y al Límite Inferior de Control (LIC), respectivamente, tal como se muestra en la Fig 1.

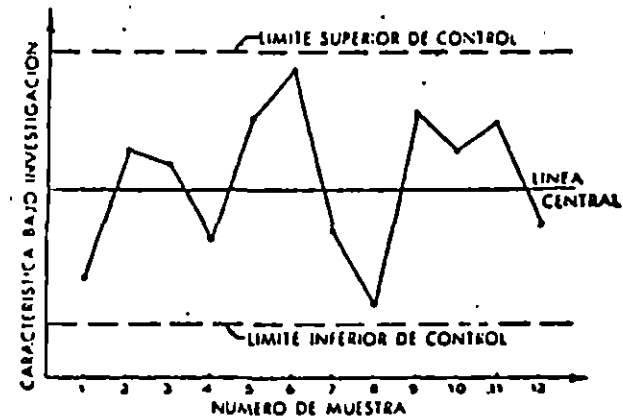


Fig 1. Aspecto general de una carta de control

Estos límites se escogen en forma tal que los valores que se encuentren dentro de ellos se puedan atribuir al azar, en tanto que los valores que caigan fuera de ellos se puedan considerar como indicaciones de falta de control.

No obstante la idea anterior, conviene mencionar que en la Fig 2 que se presenta a continuación se pueden considerar otras posibles situaciones de "falta de control" que ameritan investigarse:

1. Cuando dos de tres puntos sucesivos caen en la zona A.
2. Cuando cuatro de cinco puntos sucesivos caen en la zona B o más allá.
3. Cuando ocho puntos sucesivos caen en la zona C o más allá.

5.

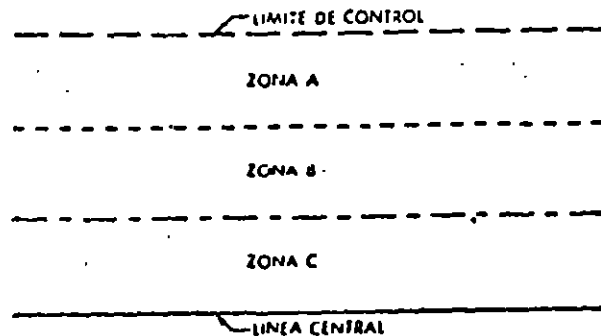


Fig. 2 Diagrama que define las zonas A, B y C usadas en el análisis de Cartas de Control.

Debe hacerse notar que cada una de las zonas A, B y C constituye la tercera parte del área entre la línea central y un límite de control, y que las pruebas mencionadas se aplican a ambas mitades de la carta de control, pero se aplican separadamente para cada mitad, y nunca a las dos mitades en combinación.

EXPLICACION DEL EMPLEO DE LAS CARTAS DE CONTROL

Si se grafican en una carta los resultados obtenidos a partir de muestras tomadas periódicamente a intervalos frecuentes, es posible verificar por medio de ella si el proceso se encuentra bajo control, o si se encuentra presente en el proceso la variación sistemática del tipo descrito anteriormente.

Cuando un punto graficado cae fuera de los límites de control, es

6.

necesario encontrar el problema que causó tal evento dentro del proceso. Pero aun si los puntos caen dentro de los límites mencionados, alguna tendencia, o cierto patrón de los mismos, puede indicar que se debe llevar a cabo alguna acción para prevenir y así evitar algún problema serio.

La habilidad para "leer" las cartas de control y para determinar a partir de ellas cuál acción correctiva debe llevarse a cabo, se obtiene a partir de la experiencia y del juicio altamente desarrollado. Un practicante del control estadístico de la calidad debe no sólo comprender los fundamentos estadísticos de la materia, sino también encontrarse identificado plenamente con los procesos que desea controlar.

CARTAS DE CONTROL PARA MEDICIONES (VARIABLES)

Cuando se requiere establecer control estadístico de la calidad de algún producto en términos de mediciones o variables, es costumbre ejercer tal control sobre la calidad media del proceso, al igual que sobre su variabilidad.

La primera meta se logra al graficar los promedios de muestras extraídas periódicamente en la llamada carta de control para los promedios, o simplemente carta \bar{x} . La variabilidad se puede controlar de igual forma si se grafican los rangos o las desviaciones estándar de las muestras en las llamadas cartas R o cartas s, respectivamente, dependiendo de cuál estadística se emplea para estimar la desviación estándar de la población.

Si se conocen la media μ y la desviación estándar σ de la pobla-

7.

ción (proceso) y es razonable suponer las mediciones obtenidas - como muestras extraídas de una población normal, se puede asegurar que con probabilidad $1 - \alpha$ el promedio aritmético de una - muestra aleatoria de tamaño n se encontrará entre

$$\mu - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{y} \quad \mu + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

ó

$$\mu - z_{\alpha/2} \sigma_{\bar{X}} \quad \text{y} \quad \mu + z_{\alpha/2} \sigma_{\bar{X}}$$

Por esto que $\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ para el caso de la distribución muestral del promedio aritmético, cuando se muestra de una población infinita. La suposición de que la extracción de muestras aleatorias se hace de una población infinita es válida en el caso presente, puesto que, por ejemplo, la producción de cierto producto en una fábrica tiende a infinito conforme pasa el tiempo.

Los dos límites anteriores (o $z_{\alpha/2} \sigma_{\bar{X}}$) proporcionan entonces límites inferiores y superiores de control y, bajo las suposiciones anteriores, permiten al practicante del control de calidad determinar si se debe o no llevar a cabo algún ajuste en el proceso, al graficar los promedios aritméticos obtenidos de muestras de tamaño n en una carta como la que se muestra en la Fig 1.

Conviene establecer en este momento que al emplear una carta de control para los promedios, lo que se hace realmente es probar hipótesis nulas de que a un cierto nivel de confianza $1 - \alpha$ el valor de la media de la distribución muestral de los promedios sea igual al valor de

8.

la calidad nominal del proceso, o al de la calidad media calculada para el mismo, μ_0 . Para estas pruebas secuenciales de hipótesis, se emplean como estadísticas de prueba los valores de los promedios aritméticos obtenidos de muestras aleatorias extraídas de la población (o proceso). Es decir, se realizan pruebas de hipótesis para las cuales

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

(Prueba de dos colas, cada prueba se realiza con el valor \bar{x}_i de la muestra i)

en donde μ es la media de la distribución muestral del promedio aritmético, μ_0 la calidad nominal o calidad media calculada del proceso, y \bar{x}_i ($i=1,2,3,\dots$) el valor del promedio aritmético obtenido de la i -ésima muestra aleatoria. La forma secuencial de estas pruebas de hipótesis se muestra en la Fig 3 que se presenta a continuación.

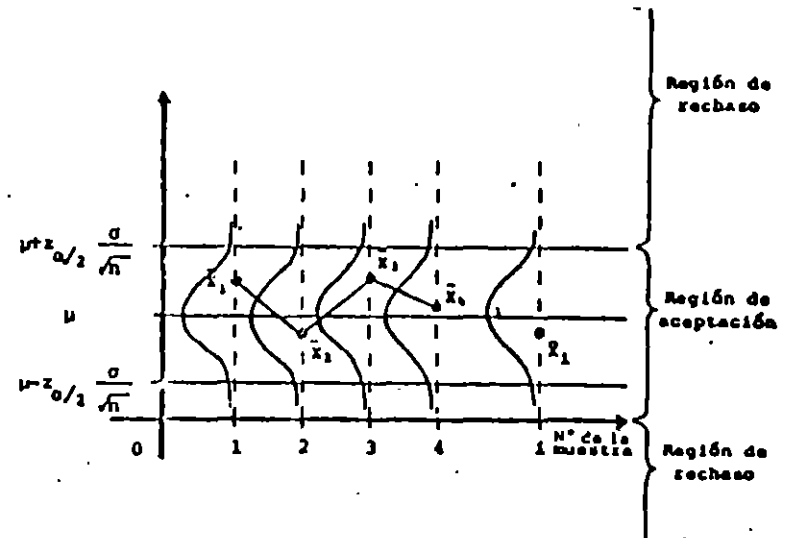


Fig 3. Pruebas de hipótesis que se realizan al emplear una carta de control para los promedios

ELABORACION DE LA CARTA DE CONTROL PARA LOS PROMEDIOS (X)

9.

Si se consideran problemas prácticos, los valores de μ y σ del proceso se desconocen, y es entonces conveniente estimar sus valores a partir de muestras tomadas mientras el proceso se encuentre "bajo control", tal como se explica más adelante. En la práctica es entonces difícil llegar a establecer límites de control del tipo $\mu \pm z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ al desconocerse μ y σ , independientemente de que en muchos casos es demasiado arriesgado considerar a las mediciones como muestras aleatorias extraídas de una población normal.

En lugar de lo anterior, en el control de calidad industrial se emplean comúnmente los límites de control de "tres desviaciones estándar" o de "tres sigmas", que se obtienen al sustituir a $z_{\alpha/2}$ por un 3 al calcular los límites de control.

Conforme a lo anterior, con los límites de control

$$\mu \pm 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

se puede confiar en que en el 99.73% de los casos el proceso no será declarado "fuera de control", cuando de hecho se encuentra "bajo control".

En otras palabras, estos límites de control permiten considerar que la probabilidad máxima de rechazar la hipótesis

$$H_0: \theta = \theta_0$$

cuando debería de ser aceptada (probabilidad de cometer un error de tipo I) es de 0.27%, siendo θ_0 un valor de calidad fijo del proceso, y θ el del parámetro correspondiente de la distribución muestral de la estadística bajo consideración.

a. Caso en que se conocen la media μ y la desviación estándar σ de la población.

Línea central μ

Límites de control $\mu \pm 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ó $\mu \pm \lambda \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

$$\text{ó } \mu \pm \lambda \sigma, \text{ siendo } \lambda = \frac{3}{\sqrt{n}}$$

en donde los valores de λ se obtienen de la tabla I, en función de n , el tamaño de la muestra.

Ejemplo: Sea el proceso de elaboración de varillas de acero para las cuales se sabe que el diámetro medio es de 2.5 cm, con una desviación estándar de 0.01 cm. Se desea efectuar control del diámetro de las mismas, para lo cual se extraen periódicamente muestras de cinco varillas. Se pide establecer la línea central y los límites de control para una carta \bar{X} .

Solución. Siendo $\mu = 2.5$ cm, $\sigma = 0.01$ y $n = 5$, se tiene que:

$$\text{Línea central} = \mu = 2.5$$

Límites de control:

$$2.5 \pm 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 2.5 \pm \frac{3(0.01)}{\sqrt{5}} = 2.5 \pm 0.0134 \Rightarrow 2.5134, 2.4866$$

o, de la tabla I

$$2.5 \pm \lambda \sigma = 2.5 \pm 1.342(0.01) = 2.5 \pm 0.01342 \Rightarrow 2.51342, 2.48658$$

b. Caso en que se desconocen μ y σ

Para este caso, que es el más común, es necesario estimar, como se dijo anteriormente, tales parámetros con base en muestras preliminares. Para el caso, normalmente se acostumbra emplear un número de 20 a 25 muestras de 4 ó 5 elementos, obtenidas consecutivamente cuando el proceso está "bajo control".

Sin embargo, como veremos más adelante, se pueden emplear procedimientos estadísticos más formales para determinar el número de muestras (y de elementos en las mismas) más adecuado para las cartas \bar{X} .

Entonces, si se utilizan k muestras preliminares, cada una de tamaño n , se puede estimar con adecuada precisión el valor de σ mediante

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i$$

siendo \bar{R} un estimador insesgado y consistente de σ , donde \bar{X}_i denota el promedio aritmético de la i -ésima muestra, y \bar{X} es el promedio de los promedios de las muestras.

El valor de σ de la población puede ser estimado a partir de las desviaciones estándar o de los rangos de las muestras. Si el tamaño de las mismas es pequeño, usualmente el rango proporciona un estimador eficiente de σ , además de que el proceso de cálculo del mismo es bastante más simple que el de la desviación estándar para las muestras.

Este método es conveniente, cuando se requiere bastante precisión

en el cálculo de los límites de control, estimar σ mediante las desviaciones estándar de las muestras. Tal es el caso, por ejemplo, de muestras de productos que son caros, y que deben destruirse al momento de tomar las mediciones.

b.1 Estimando σ mediante los rangos de las muestras

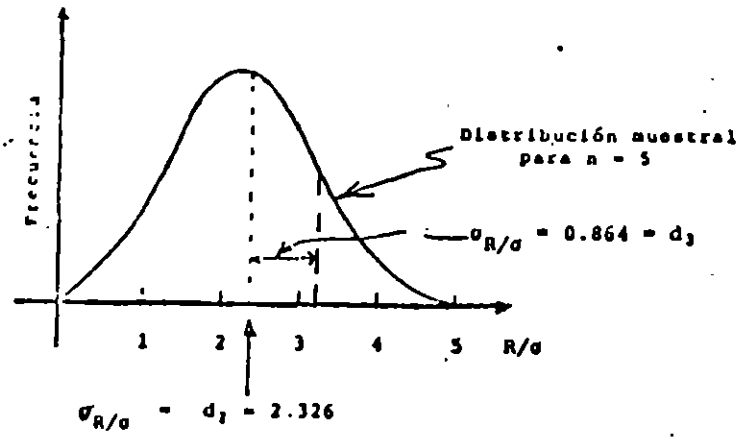
Hay que obtener primero el valor \bar{R} , que es el rango promedio de los rangos de las k muestras, es decir,

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i$$

Puesto que la estadística \bar{R} siempre estima por encima de su valor real a la desviación estándar de la población, se obtiene un estimador sesgado. Debido a ello, es indispensable afectar el valor de \bar{R} en forma tal de obtener un estimador insesgado de σ , para lo cual se hace

$$\text{Estimador insesgado de } \sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

El factor d_2 en la expresión anterior se obtiene experimentalmente al identificar el valor de la media en las distribuciones muestrales del cociente R/σ para distintos valores de n , considerando una población en la cual el valor de σ es conocido. Por ejemplo, para muestras de tamaño cinco ($n=5$), se ha obtenido experimentalmente el valor $d_2=2.326$, tal como se muestra en la Fig 4.



13.

Fig 4. Distribución muestral de R/s para n=5, suponiendo σ conocida.

En la tabla I se presentan los valores del factor d_2 para distintos tamaños de muestra, observándose que conforme se incrementa el valor de n aumenta el de ese factor, lo cual permite concluir que el rango estima mejor a la desviación estándar cuando las muestras son pequeñas.

De acuerdo con lo anterior, se pueden emplear las siguientes expresiones en la elaboración de la carta de control para los promedios:

Línea Central — $\bar{\bar{X}}$
 Límites de Control — $\bar{\bar{X}} \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ó $\bar{\bar{X}} \pm \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}}$

Para abreviar el cálculo de los límites de control a partir de los rangos de las muestras, se ofrece en la tabla I el factor

$$A_1 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}$$

cuyo empleo permite establecer los límites de control como

$$\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$$

b.2 Estimando σ mediante las desviaciones estándar de las muestras

Se debe obtener primero el valor de $\bar{\sigma}$, que es el promedio de las desviaciones estándar de las muestras, es decir

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k S_i$$

En donde S_i denota la desviación estándar de la i ésima muestra. No siendo tampoco $\bar{\sigma}$ un estimador insesgado de la desviación estándar de la población, ya que siempre la estima por debajo de su valor real, hay que afectar dicho valor por un cierto factor para hacerlo insesgado, es decir

Estimador insesgado de $\sigma = \frac{\bar{\sigma}}{c_2}$

Los valores de c_2 se reportan en la tabla I en función del tamaño de la muestra, y se obtienen mediante un procedimiento similar al explicado para el factor d_2 .

Con base en lo anterior, los parámetros de la carta de control para los promedios son los siguientes:

Línea Central — $\bar{\bar{X}}$
 Límites de Control — $\bar{\bar{X}} \pm \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{n}}$ ó $\bar{\bar{X}} \pm \frac{3\bar{\sigma}}{c_2\sqrt{n}}$

De nuevo, para abreviar el cálculo de los límites de control para la carta \bar{X} , obtenidos ahora a partir de las desviaciones estándar de las muestras, se puede emplear el factor dado en la tabla I

$$A_1 = \frac{3}{c_2\sqrt{n}}$$

15.

con el cual los límites de control quedan como

$$\bar{x} \pm A_1 \bar{\sigma}$$

NUMERO MINIMO DE MUESTRAS REQUERIDO PARA LA ELABORACION DE
CARTAS \bar{X}

En este momento conviene establecer el número mínimo de muestras - preliminares, m , así como el tamaño de las mismas, n , que es necesario considerar para estimar adecuadamente los parámetros de una carta de control para los promedios.

El asegurar ^{que} un mínimo de 20 o 25 muestras con 4 o 5 elementos cada una son necesarias para obtener los valores de \bar{X} , \bar{R} o $\bar{\sigma}$, frecuentemente choca con el argumento de que por razones de costo, tiempo, etc., se debe emplear un número menor de ellas. Por ello, se han preparado tablas como las II y III que se presentan al final, que permiten obtener una solución cuantitativa para este problema.

Cuando se emplea el rango \bar{R} como estimador de σ para la elaboración de una carta \bar{X} , y como se verá más adelante, para una carta R , la tabla II permite determinar el número mínimo, m , de muestras de tamaño n que se deben emplear para tener poco más de un 98% de nivel de confianza de que los promedios aritméticos obtenidos de las muestras se encuentren dentro de los límites de control que se calculen para la carta \bar{X} , suponiendo únicamente la presencia de variación aleatoria.

De la misma manera, se establecen en la tabla III los valores óptimos de m y n , cuando se emplean las desviaciones estándar de las muestras para obtener el estimador $\bar{\sigma}$ de la desviación estándar de la población.

Ejemplo: Sea una fábrica que produce varillas de acero, en la cual se desea ejercer control sobre el peso de las mismas. Para ello, se seleccionan veinte muestras aleatorias de cinco varillas cada una, obteniéndose los valores que se reportan en la tabla siguiente:

Número de la muestra	Valores individuales del peso, Kg					Promedio Aritmético \bar{x}	Rango R	Desviación estándar s_x
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5			
1	11.1	9.4	11.2	10.4	10.1	10.44	1.8	0.6651
2	9.6	10.8	10.1	10.8	11.0	10.46	1.4	0.5276
3	9.7	10.0	10.0	9.8	10.4	9.98	0.7	0.3509
4	10.1	8.4	10.2	9.4	11.0	9.82	2.6	0.8727
5	12.4	10.0	10.7	10.1	11.3	10.90	2.4	0.6852
6	10.1	10.2	10.2	11.2	10.1	10.36	1.1	0.4224
7	11.0	11.5	11.8	11.0	11.3	11.32	0.8	0.3059
8	11.2	10.0	10.9	11.2	11.0	10.86	1.2	0.4454
9	10.6	10.4	10.5	10.5	10.9	10.58	0.5	0.1720
10	6.3	10.2	9.8	9.5	9.8	9.52	1.9	0.6493
11	10.6	9.9	10.7	10.2	11.4	10.56	1.5	0.5083
12	10.8	10.2	10.5	8.4	9.9	9.96	2.4	0.8357
13	10.7	10.7	10.8	8.6	11.4	10.44	2.8	0.9562
14	11.3	11.4	10.4	10.6	11.1	10.96	1.0	0.3929
15	11.4	11.2	11.4	10.1	11.6	11.14	1.5	0.5352
16	10.1	10.1	9.7	9.8	10.5	10.04	0.8	0.2803
17	10.7	12.8	11.2	11.2	11.3	11.44	2.1	0.7116
18	11.9	11.9	11.6	12.4	11.4	11.84	1.0	0.3182
19	10.8	12.1	11.8	9.4	11.6	11.14	2.7	0.9700
20	12.4	11.1	10.8	11.0	11.9	11.44	1.6	0.6086
SUMA						213.20	31.80	11.3211

17.

Solución: Puesto que se desconoce la media del proceso, esta se puede estimar en forma insesgada mediante

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} \bar{x}_i$$

Los valores de los promedios aritméticos \bar{x}_i ($i=1,2,\dots,20$) de las muestras se reportan en la tabla anterior, por lo cual la línea central es

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{20} (213.20) = 10.66$$

Se obtendrán ahora los límites inferior y superior de control estimando primero σ mediante los rangos de las muestras, y después mediante las desviaciones estándar correspondientes.

a. Estimando σ mediante los rangos de las muestras

El valor de \bar{R} es

$$\bar{R} = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} R_i$$

Los valores R_i para $i=1,2,\dots,20$ se encuentran en la tabla inicial, por lo que

$$\bar{R} = \frac{1}{20} (31.80) = 1.59$$

Los límites de control para la carta de los promedio son

$$\bar{\bar{x}} \pm \lambda_2 \bar{R}$$

Y, de la tabla I, para $n=5$, se obtiene $\lambda_2 = 0.577$, quedando

$$10.66 \pm \frac{0.577 (1.59)}{0.92}$$

O sea

Línea Central — 10.66

Límites de Control — $10.66 \pm 0.92 \Rightarrow 11.58, 9.74$

b. Estimando σ mediante las desviaciones estándar de las muestras

El valor de \bar{s} es

$$\bar{s} = \frac{1}{20} (11.3211) = 0.57$$

Los límites de control son ahora

$$\bar{\bar{x}} \pm \lambda_1 \bar{s}$$

De la tabla I, para $n=5$, se obtiene

$\lambda_1 = 1.596$, quedando

$$10.66 \pm \frac{1.596 (0.57)}{0.91}$$

O sea

Línea Central — 10.66

Límites de Control — $10.66 \pm 0.91 \Rightarrow 11.57, 9.75$

En la Fig 5 que se presenta a continuación se muestra la carta de control obtenida empleando ambos procedimientos.

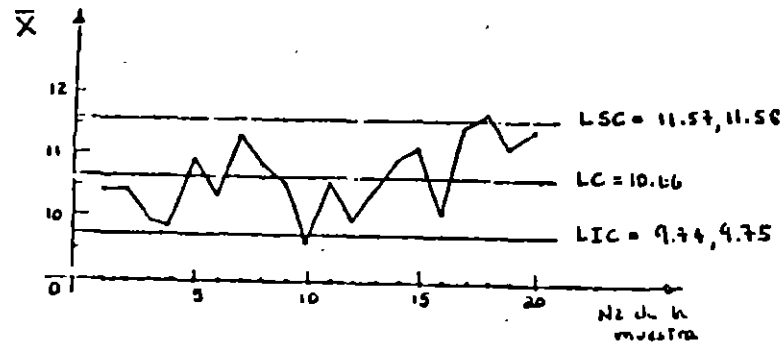


Fig 3 Carta de control \bar{x} obtenida para el ejemplo de las varillas de acero

CARTAS PARA CONTROLAR LA VARIABILIDAD DE UN PROCESO

Al controlar estadísticamente un proceso puede no ser suficiente fijar la atención en su "calidad media", sino también en la variabilidad del mismo. Aun cuando es razonable suponer que un incremento en las fluctuaciones de los valores de los promedios aritmético graficados en una carta \bar{x} se relaciona con un incremento en la variabilidad del proceso, es posible determinar con mayor objetividad y precisión los cambios que experimenta ésta mediante el empleo de las famosas cartas R y s, que se elaboran a partir de los rangos y las desviaciones estándar de las muestras, respectivamente.

Es importante mencionar que aun cuando cualquiera de las dos cartas men-

cionadas permite ejercer control estadístico sobre la variabilidad de un proceso, usualmente se prefiere la carta para los rangos, R, ya que su elaboración es más sencilla que la de s, que corresponde a las desviaciones estándar. Por otra parte, la carta \bar{x} conduce a resultados altamente confiables, a la vez que muestra con claridad ciertas tendencias de los valores de las muestras que deben investigarse.

IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LA VARIABILIDAD DE UN PROCESO

La importancia del control sobre la variabilidad de un proceso mediante el empleo de las cartas para los rangos o las desviaciones estándar, se hace evidente al considerar que un cambio brusco en aquella característica es de consecuencias más serias que un cambio similar en la "calidad media". Si el proceso experimenta un cambio en ésta última, normalmente se puede regresar al punto de partida efectuando ajustes simples en los dispositivos de producción (por ejemplo, recalibración de herramientas de corte, dosificadoras, etc). Sin embargo, si el proceso sufre un cambio brusco en su variabilidad, para regresar al punto de partida son necesarios ajustes más costosos y tardados, tales como reparaciones mayores en los dispositivos de producción, o inclusive la compra de un nuevo dispositivo de procesamiento.

Los cambios efectivos en la variabilidad de un proceso afectan necesariamente el desempeño de una carta \bar{x} , ya que, como se recordará, los límites de control para la carta de los promedios se establecen

21.

a partir de los valores \bar{R} o \bar{r} que se suponen, después de ser afectados por los factores de corrección correspondientes, como buenos estimadores de la desviación estándar del proceso. Si los valores del rango y la desviación estándar de las muestras aumentan, se hace evidente que la carta \bar{X} no operará correctamente.

En contraste con lo anterior, los cambios significativos que se verifican en la carta \bar{X} no necesariamente provocan efectos similares en las cartas R y σ , ya que en la elaboración de ellas no intervienen los promedios aritméticos de las muestras, tal como se verá a continuación.

Por lo anteriormente expuesto, es conveniente ejercer, cuando así sea posible, control simultáneo sobre la "calidad media" y la variabilidad de un proceso.

ELABORACION DE LAS CARTAS DE CONTROL PARA LOS RANGOS (CARTA R)

Al igual que para la carta \bar{X} , se pueden considerar dos casos distintos en la elaboración de la carta para los rangos: cuando se conoce la desviación estándar σ del proceso y cuando esto no sucede. En cualquiera de los casos anteriores, se debe observar siempre que el procedimiento de obtención de la línea central y de los límites de control para la carta R, se basa en la distribución muestral de los rangos de muestras aleatorias de tamaño n, extraídas de una población normal.

4. Caso en el que se conoce la desviación estándar σ de la Población

De acuerdo con lo anterior, es fácil comprender que los parámetros de la carta de control para los rangos son

Línea Central — μ_R
Límites de Control — $\mu_R \pm 3\sigma_R$

Sin embargo, normalmente no conocen los valores de la media y la desviación estándar de la distribución muestral de los rangos. En esta situación, la lógica indica que para estimar el valor de μ_R se debe emplear el de \bar{R} , el promedio de los rangos de muestras preliminares. Sin embargo, si se recuerda que

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

entonces

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

Y, puesto que se conoce el valor de σ , se puede escribir

Línea Central — \bar{R} o $d_2 \sigma$

quedando finalmente

Línea Central — $d_2 \sigma$

en donde los valores de d_2 se presentan en la tabla I.

Por lo que respecta a σ_R , si se observa nuevamente la Fig 4 se puede ver que la desviación estándar de la distribución muestral de la estadística R/σ , para el caso de muestras de tamaño 5 es, en forma experimental

$$\sigma_{R/c} = d_3 = 0.854$$

23.

Lo anterior permite considerar que si σ es conocida (y por tanto constante) es válido escribir

$$\sigma_R/\sigma = \frac{\sigma_R}{\sigma} d_1$$

o sea

$$\sigma_R = \sigma_R/\sigma \sigma = d_1 \sigma = 0.864 \sigma$$

En el caso en que n sea diferente de cinco, los valores del factor d_1 se pueden obtener de la tabla I.

Empleando el valor de σ_R así obtenido, los límites de control son, en general, los siguientes

$$d_2 \pm 3d_1\sigma$$

o sea

$$d_2 - 3d_1\sigma \Rightarrow (d_2 - 3d_1)\sigma \Rightarrow D_1 \sigma$$

$$d_2 + 3d_1\sigma \Rightarrow (d_2 + 3d_1)\sigma \Rightarrow D_2 \sigma$$

en donde

$$D_1 = d_2 - 3d_1 \quad \text{y} \quad D_2 = d_2 + 3d_1$$

Los valores de D_1 y D_2 se reportan también en la tabla I en función de n , el tamaño de la muestra.

Conforme a lo anterior, los parámetros de la carta de control para los rangos, cuando σ es conocida, son

Línea Central — $d_2 \sigma$

Límite Inferior de Control — $D_1 \sigma$

Límite Superior de Control — $D_2 \sigma$

Caso en el que se desconoce la desviación estándar σ de la población

En este caso es necesario estimar a σ_R de la distribución muestral de los rangos mediante \bar{R} , empleando un número adecuado de muestras preliminares, normalmente el mismo que se emplea para la elaboración de una carta \bar{X} . Al respecto, conviene recordar que la carta R (o la σ) generalmente se construye después de la carta \bar{X} , y que, por lo tanto, se emplean para su elaboración las mismas muestras aleatorias. De acuerdo con esto, la línea central resulta ser

Línea Central — \bar{R}

En este caso se requieren límites de control del tipo

$$\bar{R} \pm 3\sigma_R$$

Puesto que ahora se desconocen σ_R y σ , se pueden hacer, para el límite inferior de control

$$\bar{R} - 3\sigma_R = \bar{R} - \frac{3 \bar{R} \sigma_R}{\bar{R}} = \left(1 - 3 \frac{\sigma_R}{\bar{R}}\right) \bar{R}$$

$$= \left(1 - 3 \frac{\frac{\sigma_R}{\sigma}}{\frac{\bar{R}}{\sigma}}\right) \bar{R} = \left(1 - 3 \frac{d_1}{d_2}\right) \bar{R}$$

$$= \left(\frac{d_2 - 3d_1}{d_2}\right) \bar{R} = \left(\frac{D_1}{d_2}\right) \bar{R}$$

Para el límite superior de control se obtiene

$$\bar{R} + 3\sigma_R = \bar{R} \left(\frac{D_2}{d_2}\right)$$

En la tabla I se presentan los valores de

$$D_1 = \frac{D_1}{d_1} \quad \text{y} \quad D_2 = \frac{D_2}{d_2}$$

en función de n .

Finalmente, los parámetros de la carta R cuando se desconoce el valor de σ de la población son los siguientes:

Línea Central — \bar{R}

Límite Inferior de Control — $D_3\bar{R}$

Límite Superior de Control — $D_4\bar{R}$

ELABORACION DE LA CARTA DE CONTROL PARA LAS DESVIACIONES ESTANDAR (CARTA σ)

En la elaboración de la carta para las desviaciones estándar también se deben considerar los dos casos posibles: cuando se conoce la desviación estándar de la población y cuando esto no es así. De igual manera, el procedimiento para obtener los parámetros de la carta se fundamenta en la distribución muestral de las desviaciones estándar de muestras aleatorias de tamaño n, extraídas de una población normal.

- a. Caso en el que se conoce la desviación estándar σ de la población

Con base en la distribución muestral de las desviaciones estándar de las muestras, se pueden establecer los parámetros de la carta σ , a saber

Línea Central — μ_{S_x}

Límites de Control — $\mu_{S_x} \pm 3\sigma_{S_x}$

Al desconocerse, como ocurre normalmente, los valores de μ_{S_x} y σ_{S_x} de la distribución muestral, se debe estimar primero μ_{S_x} a partir de $\bar{\sigma}$, el promedio de las desviaciones estándar de las muestras preliminares. Sin embargo, no es necesario realizar en este caso ese cálculo si se recuerda que

$$\sigma = \frac{\bar{\sigma}}{c_2}$$

o sea

$$\bar{\sigma} = c_2 \sigma$$

Y, en virtud de que el valor de σ es conocido, se llega a

Línea Central — $\bar{\sigma}$ o $c_2\sigma$

quedando finalmente

Línea Central — $c_2\sigma$

en donde los valores de c_2 se pueden obtener de la tabla I.

Bajo la suposición de que la población de la cual se extraen las muestras aleatorias se encuentra distribuida en forma normal (o aproximadamente normal), se puede demostrar que la desviación estándar de la distribución muestral de las desviaciones estándar es

$$\sigma_{S_x} = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$$

en donde n denota al tamaño de las muestras. Empleando el va

27.

lor de σ_{S_X} anterior, los límites de control se puedan establecer como

$$\mu_{S_X} \pm 3\sigma_{S_X} = c_2\bar{c} \pm 3 \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$$

o sea

$$c_2\bar{c} - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} = (c_2 - \frac{3}{\sqrt{2n}}) \sigma = B_1\sigma$$

$$c_2\bar{c} + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} = (c_2 + \frac{3}{\sqrt{2n}}) \sigma = B_2\sigma$$

en donde

$$B_1 = c_2 - \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

$$B_2 = c_2 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

Los valores de B_1 y B_2 se proporcionan en la tabla I, en función del valor de n . Entonces, los parámetros de la carta \bar{c} son, finalmente

Línea Central — $c_2\bar{c}$ Límite Inferior de Control — $B_1\sigma$ Límite Superior de Control — $B_2\sigma$

L. Caso en el que se desconoce la desviación estándar σ de la población

En este caso es necesario estimar a μ_{S_X} mediante \bar{c} , empleando un número suficiente de muestras aleatorias preliminares.

De acuerdo con lo anterior, la línea central de la carta \bar{c} es

Línea Central — \bar{c}

Los límites de control serán entonces del tipo

$$\bar{c} \pm 3\sigma_{S_X}$$

Puesto que ahora se desconoce el valor de σ , pero se sabe que

$$\sigma = \frac{\bar{c}}{c_2}$$

el límite inferior de control resulta ser

$$\begin{aligned} \bar{c} - 3\sigma_{S_X} &= \bar{c} - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} = \bar{c} - 3 \frac{\bar{c}}{c_2\sqrt{2n}} \\ &= (1 - \frac{3}{c_2\sqrt{2n}}) \bar{c} \end{aligned}$$

Para el límite superior de control se obtiene

$$\bar{c} + 3\sigma_{S_X} = (1 + \frac{3}{c_2\sqrt{2n}}) \bar{c}$$

En la tabla I se presentan los valores de

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_2\sqrt{2n}} \quad \text{y} \quad B_4 = 1 + \frac{3}{c_2\sqrt{2n}}$$

en función del valor de n .

Finalmente, los parámetros de la carta \bar{c} , cuando no se conoce la desviación estándar de la población, quedan como

Línea Central — \bar{c} Límite Inferior de Control — $B_3\bar{c}$ Límite Superior de Control — $B_4\bar{c}$

29.

Ejemplo: Sea el proceso de elaboración de varillas de acero mencionado en la página 10 de estos apuntes. En él se informa que el diámetro medio de las varillas es igual a 2.5 cm, con desviación estándar de 0.01 cm. En este caso se pide establecer los parámetros de las cartas de control \bar{R} y σ , considerando que se extraen periódicamente muestras de cinco varillas.

Solución:

a. Carta \bar{R}

Puesto que se conoce el valor de la desviación estándar de la población, y en virtud de que $n=5$, se obtiene, empleando la tabla I

$$LC \text{ --- } d_2\sigma = 2.326(0.01) = 0.02326$$

$$LIC \text{ --- } D_1\sigma = 0(0.01) = 0.0000$$

$$LSC \text{ --- } D_3\sigma = 4.918(0.01) = 0.04918$$

b. Carta σ

En este caso, puesto que $\sigma=0.01$ y $n=5$, se obtiene, con el uso de la tabla I

$$LC \text{ --- } c_1\sigma = 0.8407(0.01) = 0.008407$$

$$LIC \text{ --- } B_1\sigma = 0(0.01) = 0.00000$$

$$LSC \text{ --- } B_3\sigma = 1.756(0.01) = 0.01756$$

Ejemplo: Con el fin de investigar la variabilidad en el proceso de producción de varillas de acero mencionado en la página 10, se desea elaborar las cartas de control \bar{R} y σ correspondientes, considerando la información contenida en la tabla de la misma página.

Solución:

En este caso se desconoce la desviación estándar de la población, por lo cual es indispensable emplear los valores de \bar{R} y $\bar{\sigma}$, considerando que el tamaño de la muestra es 5.

a. Carta \bar{R}

El valor de \bar{R} , obtenido durante el proceso de elaboración de la carta \bar{X} correspondiente, es $\bar{R} = 1.59$. Considerando este valor, y empleando la tabla I, los parámetros de la carta de control \bar{R} resultan

$$LC \text{ --- } \bar{R} = 1.590$$

$$LIC \text{ --- } D_1\bar{R} = 0(1.59) = 0.000$$

$$LSC \text{ --- } D_3\bar{R} = 2.115(1.59) = 3.363$$

En la Fig 6 se presenta la carta \bar{R} para este problema.

b. Carta σ

Considerando que al calcular para este problema los parámetros de la carta \bar{X} se obtuvo $\bar{\sigma} = 0.57$, la carta σ queda definida con

$$LC \text{ --- } \bar{\sigma} = 0.57$$

$$LIC \text{ --- } B_1\bar{\sigma} = 0(0.57) = 0.00$$

$$LSC \text{ --- } B_3\bar{\sigma} = 2.089(0.57) = 1.19$$

CARTAS DE CONTROL PARA MEDICIONES (ELEMENTOS INDIVIDUALES)

31.

En la Fig 7 se muestra la carta de control σ correspondiente.

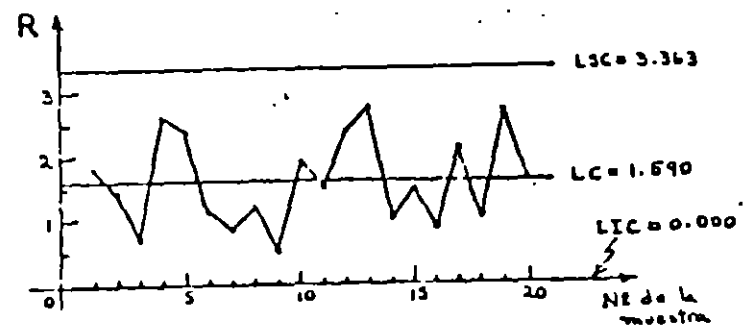


Fig 6 Carta de control R obtenida para el ejemplo de las varillas de acero

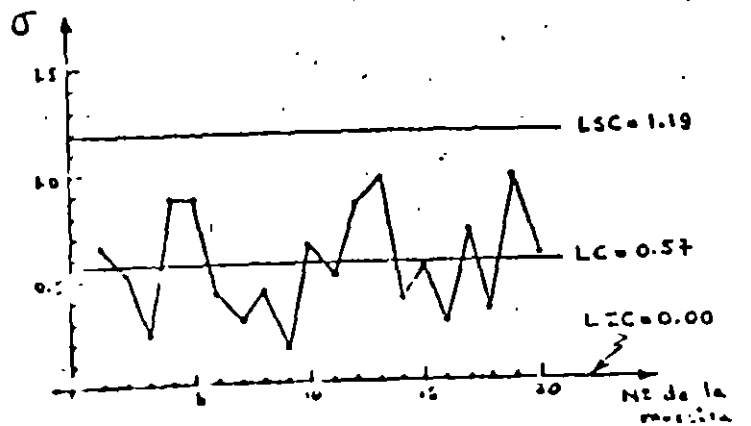


Fig 7 Carta de control sigma obtenida para el ejemplo de las varillas de acero

Se han establecido las cartas \bar{x} , R y σ considerando que existe la posibilidad de conocer la media μ y/o la desviación estándar σ de la población (proceso), o bien, cuando estos parámetros se desconocen, que es posible obtener un número adecuado de muestras aleatorias de ella, cuyos tamaños sean cuando menos igual a dos, con el fin de estimar con buena precisión los valores de dichos parámetros.

Sin embargo, en muchas ocasiones no se conocen los parámetros del proceso, y únicamente es posible contar con muestras de tamaño uno, es decir, muestras con un solo elemento. Cuando esto sucede, la técnica para calcular los límites de control en las cartas para mediciones se fundamenta en el empleo de los llamados rangos móviles, que se explican a continuación.

Si, por ejemplo, se cuenta con el conjunto de datos X_i ($i=1,2,\dots,n$) registrados en orden, se definen los rangos móviles de orden dos como

$$|X_i - X_{i+1}| \quad ; \quad 1 \leq i \leq n-1$$

es decir

$$|X_1 - X_2|, |X_2 - X_3|, \dots, |X_{n-1} - X_n|$$

Si se trata de rangos móviles de orden tres, éstos se definen como

$$|X_i - X_{i+2}| \quad ; \quad 1 \leq i \leq n-2$$

es decir

$$|X_1 - X_3|, |X_2 - X_4|, \dots, |X_{n-2} - X_n|$$

La obtención de los rangos móviles de orden superior al tres se hace siguiendo las ideas anteriores.

En forma numérica, si se tienen los datos registrados en orden 4, 6, 4, 3 y 7, los rangos móviles de orden dos son

$$|4 - 6| = 2, |6 - 4| = 2, |4 - 3| = 1, |3 - 7| = 4$$

y los de orden tres son

$$|4 - 4| = 0, |6 - 3| = 3, |4 - 7| = 3$$

El empleo de los rangos móviles para la obtención de los límites de control es importante en este caso, debido a que, si se trata de rangos móviles de orden dos, se puede considerar que el valor de cualquiera de ellos debe obtenerse a partir de los valores de dos elementos individuales registrados en orden. Dicho de otra manera, un rango móvil de orden dos debe provenir de una muestra "ficticia" de tamaño dos. En la misma forma, un rango móvil de orden tres tiene que obtenerse a partir de tres elementos individuales, lo cual permite "crear" muestras de tamaño tres.

De acuerdo con lo anterior, es factible establecer los límites de control para las cartas de control, en el caso de elementos individuales, aplicando los factores de la tabla I, que se encuentran tabulados a partir de muestras de tamaño dos.

a. Elaboración de la carta X (elementos individuales)

En este caso, la línea central está dada por

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

en la que x_1, x_2, \dots, x_n denota a los valores de los datos

individuales.

Los límites de control requeridos son

$$\bar{x} \pm 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Puesto que el tamaño real de la muestra es uno, la expresión anterior se puede escribir

$$\bar{x} \pm 3 \frac{\sigma}{\sqrt{1}} = \bar{x} \pm 3\sigma$$

Debido a que el valor de σ se desconoce, pero es posible obtener el de \bar{R} (promedio de los rangos móviles), la última expresión puede transformarse algebraicamente de la siguiente manera:

$$\bar{x} \pm 3\sigma = \bar{x} \pm \frac{3\sigma \bar{R}}{\bar{R}} = \bar{x} \pm \frac{3\bar{R}}{\frac{\bar{R}}{\sigma}}$$

$$\bar{x} \pm \frac{3\bar{R}}{d_2} = \bar{x} \pm E_2 \bar{R}$$

en donde

$$E_2 = \frac{3}{d_2}$$

Los valores de E_2 se pueden obtener de la tabla I en función de n , que representa ahora el tamaño "ficticio" de la muestra, o el orden de los rangos móviles.

De acuerdo con lo anterior, los parámetros de la carta de control X para elementos individuales son

- Línea Central — \bar{x}
- Límite Inferior de Control — $\bar{x} - E_2 \bar{R}$
- Límite Superior de Control — $\bar{x} + E_2 \bar{R}$

35.

b. Elaboración de la carta R^* (rangos móviles)

En este caso, la línea central está dada por el valor del promedio de los rangos móviles, es decir

$$\bar{R} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K R_i$$

En donde R_i ($i=1, 2, \dots, K$) denota a los valores de los rangos móviles, obtenidos a partir de los datos individuales registrados en orden.

Los límites de control se obtienen considerando que se desconoce el valor de la desviación estándar de la población, en la forma ya explicada para la carta R .

De acuerdo con lo anterior, los parámetros de la carta de control R^* para los rangos móviles son

$$\text{Línea Central} \text{ --- } \bar{R}$$

$$\text{Límite Inferior de Control} \text{ --- } D_3 \bar{R}$$

$$\text{Límite Superior de Control} \text{ --- } D_4 \bar{R}$$

en donde los valores de D_3 y D_4 se obtienen de la tabla I en función de n , el tamaño "ficticio" de la muestra, u orden de los rangos móviles.

Ejemplo: Considérese un proceso de destilación y mezclado de alcohol, para el cual se desea ejercer control sobre el porcentaje de metanol existente. Se extraen 26 lotes consecutivos de alcohol, y se obtiene el porcentaje de metanol correspondiente para cada uno de ellos. Los valores

se presentan en la tabla siguiente, y se pide construir cartas X y R^* considerando rangos móviles de orden dos.

Lote	Porcentaje de metanol, X	Rango móvil, R	Lote	Porcentaje de metanol, X	Rango móvil, R
1	4.6	---	14	5.5	0.1
2	4.7	0.1	15	5.2	0.3
3	4.3	0.4	16	4.6	0.6
4	4.7	0.4	17	5.5	0.9
5	4.7	0	18	5.6	0.1
6	4.6	0.1	19	5.2	0.4
7	4.8	0.2	20	4.9	0.3
8	4.8	0	21	4.9	0
9	5.2	0.4	22	5.3	0.4
10	5.0	0.2	23	5.0	0.3
11	5.2	0.2	24	4.3	0.7
12	5.0	0.2	25	4.5	0.2
13	5.6	0.6	26	4.4	0.1
			SUMA	128.1	7.2

Solución: El valor del promedio de los rangos móviles de orden dos es

$$\bar{R} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} R_i = \frac{7.2}{25} = 0.288$$

a. Carta X

La línea central de esta carta es \bar{X} , cuyo valor es

$$\bar{X} = \frac{1}{26} \sum_{i=1}^{26} X_i = \frac{128.1}{26} = 4.927$$

37.

De la tabla I se obtiene $E_2 = 2.66$ para $n=2$, -
siendo los límites de control

$$\begin{aligned} \bar{X} \pm E_2 \bar{R} &= 4.927 \pm 2.66(0.288) \\ &= 4.927 \pm 0.7661 \end{aligned}$$

Finalmente, los parámetros de la carta X quedan como

$$\begin{aligned} LC &= 4.927 \\ LIC &= 4.927 - 0.7661 = 4.161 \\ LSC &= 4.927 + 0.7661 = 5.693 \end{aligned}$$

En la Fig 8 se presenta la gráfica correspondiente.

b. Carta R^*

La línea central para esta carta es $\bar{R} = 0.288$, y los límites de control se obtienen empleando la tabla I considerando que $n=2$. De ahí que

$$\begin{aligned} LC &= 0.288 \\ LIC &= D_1 \bar{R} = 0(0.288) = 0.000 \\ LSC &= D_2 \bar{R} = 3.267(0.288) = 0.941 \end{aligned}$$

La Fig 9 muestra la carta R^* para este problema.

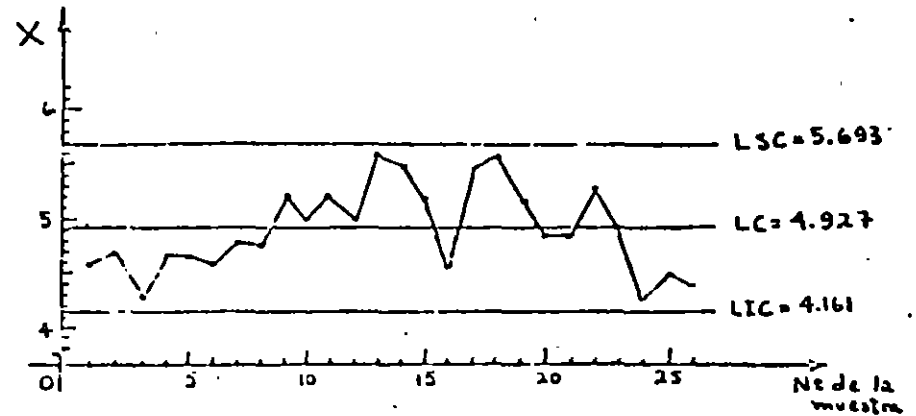


Fig 8 Carta de control X obtenida para el ejemplo de los lotes de alcohol

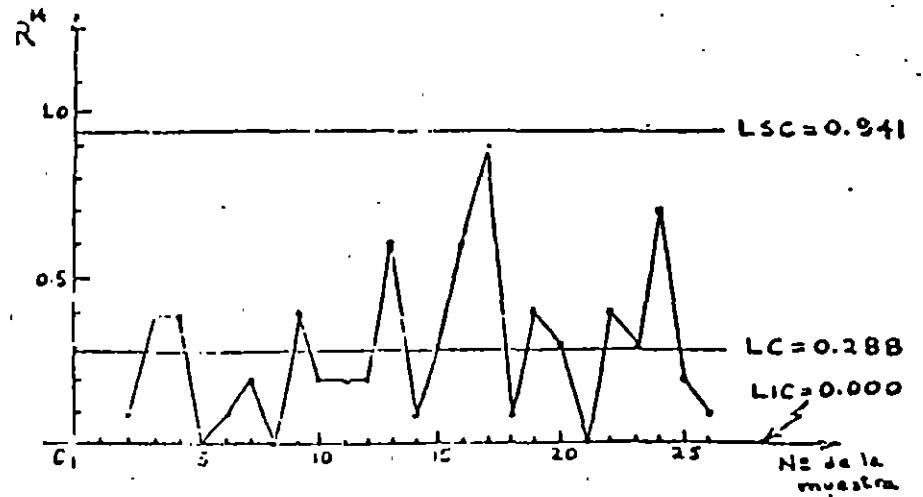


Fig 9 Carta de control R^* obtenida para el ejemplo de los lotes de alcohol

CARTAS DE CONTROL PARA ATRIBUTOS

El término atributo, tal como se emplea en el control de calidad, indica la propiedad que tiene un producto de ser bueno o malo, es decir, permite reconocer si la característica de calidad del mismo se encuentra dentro de ciertos requerimientos específicos o no.

Aunque generalmente se puede obtener información más completa de las mediciones hechas a productos terminados, a menudo consume menos tiempo y dinero el comparar la calidad de un producto en contra de ciertas especificaciones mínimas, sobre la base, por ejemplo, de considerar que sirve o no, o que es bueno o malo.

Por ejemplo, al ejercer control sobre el diámetro de un balín de acero, es más simple y rápido el determinar si éste pasa por un agujero hecho en una placa de acero templado con el diámetro adecuado, que realizar la medición del diámetro con un micrómetro.

Se establecerán ahora los dos tipos fundamentales de cartas de control que se utilizan en conexión con el muestreo por atributos: la carta para la proporción de elementos defectuosos, o carta p , y la carta para el número de defectos, o carta c .

Considérese por ejemplo una muestra de 50 fusibles en la cual se encontró, después de probar todos ellos, que contiene dos elementos defectuosos. En este caso, la proporción de fusibles defectuosos en la muestra es de $2/50 = 0.04$.

Por otra parte, debe observarse que si se prueba una sola unidad de la muestra, ésta puede tener varios defectos pero, sin embargo, puede

de o no ser una unidad defectuosa. Tal es el caso, por ejemplo, de rollos (unidades) de tela de determinada longitud, que pueden tener cierto número de imperfecciones pero no necesariamente ser considerados como defectuosos. No obstante, en muchas aplicaciones prácticas una unidad producida se considera defectuosa si tiene - cuando menos un defecto.

La distribución de la proporción y del número de elementos defectuosos en un proceso es obviamente binomial, en tanto que la del número de defectos es de Poisson. Sin embargo, para la elaboración de la carta p se aprovecha la propiedad que tiene la distribución muestral de las proporciones de ser aproximada mediante una distribución normal cuando el tamaño de la muestra es grande, y la proporción de elementos defectuosos no se acerca a cero o a uno.

ELABORACION DE LAS CARTAS DE CONTROL p Y np PARA LA PROPORCION DE DEFECTUOSOS Y EL NUMERO DE DEFECTUOSOS

Los límites de control que se requieren en este caso son

$$\left[\begin{array}{c} \mu_p \pm 3\sigma_p \\ \mu_p \pm 3\sigma_p \end{array} \right]$$

en donde μ_p es la media de la distribución muestral de las proporciones, y σ_p la desviación estándar correspondiente. Como μ_p de esta distribución es igual al parámetro P de la población, la estadística p de la muestra estima en forma insesgada a este último.

Si no se conoce el valor de P de la población, lo cual en la práctica es frecuente, se debe disponer de K muestras de tamaño n constante para obtener el valor del estimador insesgado

$$\frac{\sum_{i=1}^K p_i}{K} = \bar{p}$$

41.

$$\bar{p} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K p_i$$

en donde p_i ($i=1,2,\dots,K$) denota el valor de la proporción en la muestra i . Empleando el valor así obtenido, la línea central es

Línea Central — \bar{p} .

En textos de estadística se demuestra que la desviación estándar de la distribución muestral de las proporciones es

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

por lo cual los límites de control son

$$\bar{p} \pm 3\sigma_p = \bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Finalmente, los parámetros de la carta de control p quedan como

$$\left. \begin{aligned} \text{Línea Central} & \text{--- } \bar{p} \\ \text{Límite Inferior de Control} & \text{--- } \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \\ \text{Límite Superior de Control} & \text{--- } \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \end{aligned} \right\}$$

A partir de los parámetros anteriores se pueden derivar los de la llamada carta np , o sea, para el número de defectuosos. Para ello, se debe multiplicar a dichos parámetros por n para así obtener,

$$\left. \begin{aligned} \text{Línea Central} & \text{--- } n\bar{p} \\ \text{Límite Inferior de Control} & \text{--- } n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \\ \text{Límite Superior de Control} & \text{--- } n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \end{aligned} \right\}$$

y los parámetros resultan ahora

$$\left. \begin{aligned} \text{Línea Central} & \text{--- } n\bar{p} \\ \text{Límite Inferior de Control} & \text{--- } n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \\ \text{Límite Superior de Control} & \text{--- } n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \end{aligned} \right\}$$

Ejemplo: Para un proceso de elaboración de fusibles se desea ejercer control sobre la proporción de elementos defectuosos, así como sobre el número de ellos. Para ello, se seleccionan 10 muestras aleatorias de 50 fusibles cada una, y se obtienen los valores reportados en la tabla siguiente. Se desea construir las cartas p y np correspondientes.

Número de la muestra	Número de fusibles defectuosos	Proporción de defectuosos, p	Número de la muestra	Número de fusibles defectuosos	Proporción de defectuosos, p
1	2	0.04	21	1	0.02
2	1	0.02	22	1	0.02
3	2	0.04	23	4	0.08
4	0	0.00	24	2	0.04
5	2	0.04	25	2	0.04
6	3	0.06	26	4	0.08
7	4	0.08	27	1	0.02
8	2	0.04	28	3	0.06
9	0	0.00	29	3	0.06
10	3	0.06	30	2	0.04
11	0	0.00	31	3	0.06
12	1	0.02	32	6	0.12
13	2	0.04	33	2	0.04
14	2	0.04	34	3	0.06
15	3	0.06	35	2	0.04
16	5	0.10	36	3	0.06
17	1	0.02	37	1	0.02
18	2	0.04	38	0	0.00
19	3	0.06	39	2	0.04
20	1	0.02	40	0	0.00

SUMA

Solución: El valor de \bar{p} es

$$\bar{p} = \frac{1}{40} \sum_{i=1}^{40} p_i = \frac{1}{40} (1.68) = 0.042$$

a. Carta p

Los límites de control son, para $n=50$

$$0.042 \pm 3 \sqrt{\frac{(0.042)(1-0.042)}{50}} = 0.042 \pm 0.0851$$

por lo cual

$$\left. \begin{aligned} LC &= 0.0420 \\ LIC &= 0.042 - 0.0851 = -0.0431 \Rightarrow 0.0000 \\ LSC &= 0.042 + 0.0851 = 0.1271 \end{aligned} \right\}$$

En este caso, y como se verá a continuación para la carta np, la expresión para el cálculo del límite inferior de control conduce a un valor negativo del mismo. Puesto que no tiene sentido físico hablar de una proporción menor de cero o de un número de defectuosos negativo, en forma arbitraria se asigna a ese límite el valor cero.

En la Fig 10 se presenta la carta de control p correspondiente.

b. Carta np

Puesto que $n\bar{p} = 50(0.042) = 2.1$, los límites de control son ahora

$$2.1 \pm \sqrt{50(0.042)(1-0.042)} = 2.1 \pm 4.255$$

$$\left\{ \begin{aligned} LC &= 2.1 \\ LIC &= 2.1 - 4.255 = -2.155 \Rightarrow 0.000 \\ LSC &= 2.1 + 4.255 = 6.355 \end{aligned} \right.$$

En la Fig 10 se presenta la carta np para este problema.

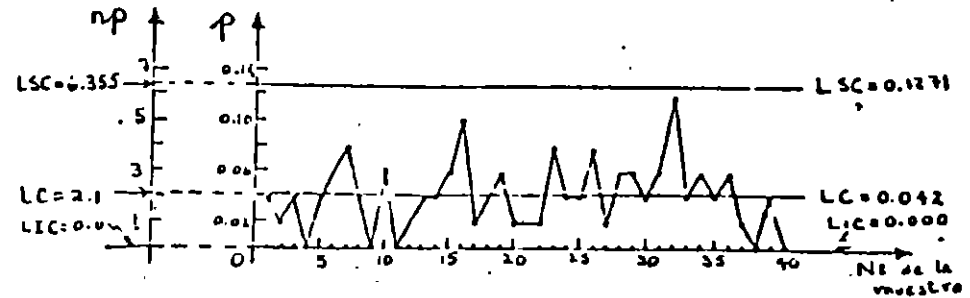


Fig 10 Cartas de control p y np obtenidas para el ejemplo de los fusibles

ELABORACION DE LA CARTA DE CONTROL c PARA EL NUMERO DE DEFECTOS

Existen ocasiones en las que es necesario controlar el número de defectos por unidad en un proceso. Por ejemplo, en la producción de alfombras es importante controlar el número de defectos por metro cuadrado; en la elaboración de papel se requiere controlar el número de defectos por rollo, etc. En estos casos, la variable aleatoria asociada al número de defectos por unidad tiene una distribución de Poisson.

Por lo anterior se desprende que la línea central de la carta de con

control para el número de defectos es el parámetro λ de la distribución de Poisson correspondiente, cuyo valor usualmente se desconoce.

En tal situación, se acostumbra estimar en forma insesgada el valor de λ a partir de un mínimo de 20 valores de c , observados previamente en igual número de unidades producidas. De acuerdo con esto, el valor de

$$\bar{c} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K c_i$$

en donde c_i ($i=1, 2, \dots, K$) representa el número de defectos observados en la unidad i , se puede emplear como estimador de λ .

Los límites de control requeridos ahora son del tipo

$$\bar{c} \pm 3\sigma_c$$

Puesto que en este caso se observa el número de defectos por unidad, se puede suponer que el tamaño de la muestra es unitario. Por tal motivo, se puede considerar que la desviación estándar de la distribución muestral del número de defectos c es igual a la desviación estándar de la distribución de Poisson y, puesto que \bar{c} estima el valor de λ

$$\sigma_c = \sqrt{\lambda} = \sqrt{\bar{c}}$$

De acuerdo con lo anterior, los parámetros de la carta de control c son

- Línea Central — \bar{c}
- Límite Inferior de Control — $\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$
- Límite Superior de Control — $\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$

Ejemplo: Considérese el proceso de soldadura de dos placas de acero en una fábrica. Diariamente se alcanzan a soldar 8 juntas, y en cada una de ellas se observa el número de defectos existente. Con la información correspondiente a tres días de labor que se presenta en la tabla siguiente, se desea elaborar una carta de control para el número de defectos por junta soldada

Número de la junta soldada	Fecha	Número de defectos
1	Julio 18	2
2		4
3		7
4		3
5		1
6		4
7		8
8		9
9	Julio 19	5
10		3
11		7
12		11
13		6
14		4
15		9
16		9
17	Julio 20	6
18		4
19		3
20		9
21		7
22		4
23		7
24		12
SUMA.....		144

Solución: Empleando los valores reportados en la tabla anterior, el valor de \bar{c} resulta

$$\bar{c} = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} c_i = \frac{1}{24} (144) = 6$$

Siendo $\bar{c} = 6$, los límites de control quedan como

$$6 \pm 1\sqrt{6} = 6 \pm 2.45$$

Finalmente, los parámetros de la carta c son

$$\left. \begin{array}{l} LC \text{ --- } 6 \\ LIC \text{ --- } 6 - 2.45 = -1.35 \Rightarrow 0.00 \\ LSC \text{ --- } 6 + 2.45 = 8.45 \end{array} \right\}$$

Puesto que el número de defectos no puede ser negativo, se fija el valor del límite inferior de control igual a cero.

En la Fig 11 se presenta la carta de control c que corresponde al ejemplo.

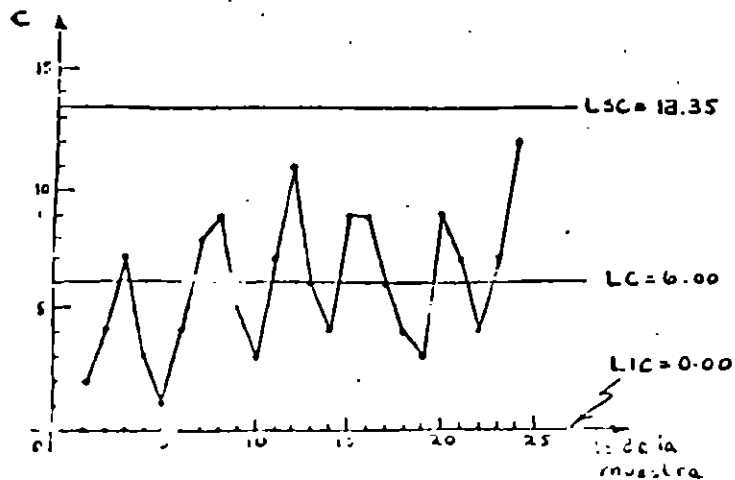


Fig 11 Carta de control c obtenida para el ejemplo de las juntas soldadas

BIBLIOGRAFIA

1. Hansen, D., "Quality Control: Theory and Applications", Prentice Hall, Inc. (1964)
2. Grant, E.L., "Statistical Quality Control", Mc Graw-Hill Book Co. (1971)
3. Ostle, B. "Estadística aplicada", Limusa-Wiley (1973)
4. Miller, I. y Freund, J., "Probability and Statistics for Engineers", Prentice Hall, Inc. (1965)

TABLA II

Número mínimo m de muestras de tamaño n requerido para elaborar una carta \bar{X} con una confianza de 98%, cuando se emplean los rangos.

n	m
2	15
3	9
4	7
5	6
6	5
7	5
8	4
9	4
10	4
12	4
14	4
16	3
18	3
20	3

TABLA III

Número mínimo m de muestras de tamaño n requerido para elaborar una carta \bar{X} con una confianza de 98%, cuando se emplean las desviaciones estándar.

n	m
2	16
3	9
4	7
5	6
6	5
7	5
8	4
9	4
10	4
12	4
14	3
16	3
18	3
20	3

**Aseguramiento de Calidad en las
Obras de Vías Terrestres**

MUESTREO DE ACEPTACION

Dr. Octavio A. Rascón Chávez

SECCION I-B

VARIABILIDAD DESCONOCIDA. METODO DE LA DESVIACION NORMAL (ESTANDAR)

PRIMERA PARTE. UN SOLO LIMITE EN UNA ESPECIFICACION.

1. ALCANCE

Esta parte de la norma describe los procedimientos para emplearse en planes de muestreo, cuando se establece un solo límite en una especificación y cuando se desconoce la variabilidad del lote con respecto a la característica de calidad y se emplea el método de la desviación normal.

El criterio de aceptación se proporciona en dos formas equivalentes identificadas como forma 1 y forma 2.

1.1. Empleo de los planes de muestreo

Para determinar si un lote se acepta con respecto a una característica de calidad y para un valor del AQL, el plan de muestreo debe aplicarse de acuerdo con las prescripciones de la Sección I-A "Descripción General de los Planes de Muestreo", y las que incluye esta parte.

1.2. Extracción de muestras

El tamaño de la muestra (letra código) se obtiene de la Tabla 2-A de acuerdo con el párrafo 7.1. (Sección I-A).

2. SELECCION DEL PLAN DE MUESTREO CUANDO SE EMPLEA LA FORMA 1

2.1. Tablas maestras de muestreo

Las Tablas maestras de muestreo 1-B y 2-B se emplean para planes de muestreo basados en la variabilidad desconocida y cuando se establece un solo límite en una especificación y cuando se utiliza el método de la desviación normal. La Tabla 1-B se emplea para inspección normal y estricta y la Tabla 2-B para inspección reducida.

2.2. Obtención del plan de muestreo

El plan de muestreo está definido por un tamaño de muestra asociado a una constante de aceptación. El plan de muestreo se obtiene de las Tablas maestras 1-B ó 2-B.

2.2.1. Tamaño de la muestra.

El tamaño de la muestra n se encuentra en la Tabla maestra respectiva, correspondiendo a cada letra código un tamaño de muestra.

2.2.2. Constante de aceptación.

La constante de aceptación k se obtiene de las Tablas 1-B ó 2-B con el tamaño de muestra y el valor del AQL fijado.

A la Tabla 1-B se entra por la parte superior para inspección normal y por la parte inferior para inspección estricta. Los planes para inspección reducida se encuentran en la Tabla 2-B.

3. PROCEDIMIENTO PARA LA ACEPTACION DE LOTES CONSECUTIVOS CUANDO SE EMPLEA LA FORMA 1

3.1. Fórmulas empleadas

El grado de conformidad de una característica de calidad cuando se establece un solo límite en una especificación debe juzgarse por las cantidades:

$$\frac{U - \bar{X}}{s}$$

$$\frac{\bar{X} - L}{s}$$

dependiendo si se trata de un límite superior o un límite inferior es especificados respectivamente.

donde:

U = Límite superior de la especificación.

L = Límite inferior de la especificación.

\bar{X} = Medida de la muestra y ,

s = Desviación normal estimativa del lote.

3.2. Criterio de aceptación

Se calcula la cantidad $\frac{U - \bar{X}}{s}$ ó $\frac{\bar{X} - L}{s}$ y se compara con la constante de aceptación k .

Si $\frac{U - \bar{X}}{s}$ ó $\frac{\bar{X} - L}{s}$ es igual o mayor que k , el lote debe aceptarse;

$\frac{U - \bar{X}}{s}$ ó $\frac{\bar{X} - L}{s}$ es menor que k o bien negativo, el lote debe rechazarse.

4. RESUMEN DE OPERACIONES CUANDO SE EMPLEA LA FORMA 1

4.1. Se determina el tamaño de la muestra (letra código) de la Tabla 2-A, empleando los datos correspondientes del lote y el nivel de inspección.

4.2. El plan de muestreo (tamaño de la muestra y constante de aceptación) se obtiene de las Tablas maestras 1-B ó 2-B.

4.3. Se extrae del lote, al azar, la muestra de n unidades, se efectúa la inspección en cada unidad de la muestra y se recopilan las mediciones de la característica de calidad.

4.4. Se calculan la media de la muestra \bar{X} , la desviación normal estimativa del lote s , y la cantidad $Q_U = \frac{U - \bar{X}}{s}$ ó $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{s}$, ya sea para el límite superior U o el inferior L , respectivamente.

4.5. Si la cantidad $\frac{U - \bar{X}}{s}$ ó $\frac{\bar{X} - L}{s}$ es igual o mayor que k , el lote debe aceptarse; si es menor que k o negativa, el lote debe rechazarse.

5. SELECCION DEL PLAN DE MUESTREO CUANDO SE EMPLEA LA FORMA 2

5.1. Tablas maestras de muestreo

Las tablas maestras de muestreo 3-B y 4-B se emplean para planes basados en la variabilidad desconocida cuando se establece en una sola especificación y cuando se utiliza el método de la desviación normal.

La Tabla 3-B se emplea para inspecciones normal y estricta y la Tabla 4-B para inspección reducida.

5.2. Obtención del plan de muestreo

El plan de muestreo está definido por un tamaño de muestra, asociado a un porcentaje máximo de defectuosos permisible. El plan de muestreo se obtiene de las Tablas maestras 3-B ó 4-B.

5.2.1. Tamaño de la muestra.

El tamaño de la muestra (letra código) n se encuentra en la Tabla maestra respectiva, correspondiendo a cada letra código un tamaño de muestra.

5.2.2. Porcentaje máximo de defectuosos permisible.

El máximo porcentaje estimativo de defectuosos permisible M para la muestra, se obtiene de la Tabla maestra 3-B ó 4-B; con el tamaño de la muestra y el valor del AQL fijado en la Tabla 3-B, se entra por la parte superior para inspección normal y por la parte inferior para inspección estricta. Los planes para inspección reducida se encuentran en la Tabla 4-B.

6. PROCEDIMIENTO PARA LA ACEPTACION DE LOTES CONSECUTIVOS CUANDO SE EMPLEA LA FORMA 2

El grado de conformidad de una característica de calidad cuando se establece un solo límite en una especificación, se juzga por el porcentaje de producto que se encuentra ya sea arriba del límite superior o abajo del límite inferior de la especificación.

El porcentaje estimativo de producto que no cumple se obtiene entrando a la Tabla 5-B con el índice de calidad y el tamaño de muestra.

6.1. Cálculo del índice de calidad

Los índices de calidad Q_U ó Q_L deben calcularse para el límite superior U ó el límite inferior L respectivamente, con las siguientes fórmulas: $Q_U = \frac{U - \bar{X}}{s}$; $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{s}$

Las cantidades \bar{X} y s son la media y la desviación normal de la muestra respectivamente.

6.2. Porcentaje estimativo de defectuosos en un lote.

La calidad de un lote se designa como P_U o P_L , que corresponden al porcentaje estimativo de defectuosos arriba del límite superior de la especificación o al porcentaje estimativo de defectuosos abajo del límite inferior de la especificación respectivamente.

El porcentaje estimativo de defectuosos P_U o P_L se obtiene entrando en la Tabla 5-B con Q_U o Q_L y el tamaño de muestra empleado.

6.3. Criterio de aceptación

Se compara el porcentaje estimativo de defectuosos del lote P_U ó P_L con el porcentaje máximo de defectuosos permisible M .

Si P_U ó P_L es igual o menor que M , el lote debe aceptarse. Si P_U ó P_L es mayor que M o si Q_U o Q_L son negativos el lote debe rechazarse.

7. RESUMEN PARA LA OPERACION DEL PLAN DE MUESTREO CUANDO SE EMPLEA LA FORMA 2

7.1. Se determina el tamaño de la muestra (letra código) de la Tabla 2-A, empleando los datos correspondientes del tamaño del lote y el nivel de inspección.

7.2. Se obtiene el plan de muestreo (tamaño de la muestra, n , y el porcentaje máximo de defectuosos permisible M) de la Tabla maestra 3-B ó 4-B

7.3. Se extrae del lote, al azar, la muestra de n unidades, se efectúa la inspección en cada unidad de la muestra y se recopilan las mediciones de la característica de calidad.

7.4. Se calculan la media de la muestra \bar{X} , y la desviación normal (estándar) estimativa del lote s , y las cantidades $Q_U = \frac{U - \bar{X}}{s}$, $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{s}$, ya sea para el límite superior, U , o el inferior, L , respectivamente.

7.5. Se determina el porcentaje estimativo de defectuosos del lote P_U ó P_L de la Tabla 5-B

7.6. Si P_U ó P_L es igual o menor que el porcentaje máximo de defectuosos permisible M , el lote debe aceptarse. Si P_U ó P_L es mayor que M , o si Q_U ó Q_L es negativo, el lote debe rechazarse.

SECCION I-B

SEGUNDA PARTE.- DOBLE LIMITE EN UNA ESPECIFICACION

1.- ALCANCE.

Esta parte de la norma describe los procedimientos para el empleo de planes de muestreo cuando se establece un doble límite en una especificación, cuando se desconoce la variabilidad de un lote con respecto a una característica de calidad, y se emplea el método de la desviación normal.

1.2. Empleo de los planes de muestreo

Para determinar si un lote se acepta con respecto a una característica de calidad y un (os) valor (es) del AQL, el plan de muestreo debe aplicarse de acuerdo con las prescripciones de la Sección I-A "Descripción General de los Planes de Muestreo" y las que incluye esta parte.

2. SELECCION DEL PLAN DE MUESTREO

El plan de muestreo se selecciona de las Tablas maestras 3-B ó 4-B, de la manera siguiente:

2.1. Determinación del tamaño de la muestra.

El tamaño de la muestra (letra código) se selecciona de la Tabla 2-A de acuerdo con el párrafo 3.4. de la sección I-A.

2.2. Tablas maestras de muestreo

Las Tablas maestras de muestreo 3-B y 4-B se emplean para planes basados en la variabilidad desconocida cuando se establece un doble límite en una especificación y se emplea el método de la desviación normal. La Tabla 3-B se emplea para inspecciones normal y estricta y la 4-B para inspección reducida.

2.3. Obtención del plan de muestreo

El plan de muestreo está definido por un tamaño de muestra asociado a un porcentaje máximo de defectuosos permisible. El plan de muestreo se obtiene de las Tablas 3-B ó 4-B.

2.4. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra n se encuentra en la Tabla maestra respectiva, correspondiendo a cada letra código un tamaño de muestra.

2.5. Porcentaje máximo de defectuosos permisible

El porcentaje máximo de defectuosos permisible de la muestra, determina el porcentaje estimativo de lotes malos para el límite superior, el inferior o ambos, y se obtiene con el tamaño de la muestra y el valor del AQL fijado. Si se han asignado diferentes AQL para los límites se designa como H_L y H_U al porcentaje máximo de defectuosos

permisible para los límites inferior y límite superior respectivamente. Si solo se asigna un AQL para ambos límites, este valor se designa con M. A la Tabla 3-B se entra por la parte superior para inspección normal y por la parte inferior para inspección estricta.

Los planes de muestreo para inspección reducida se encuentran en la Tabla 4-B.

3. EXTRACCION DE MUESTRAS

Las muestras se seleccionan de acuerdo con el párrafo 3.4 de la Sección I-A.

4. PROCEDIMIENTO PARA LA ACEPTACION DE LOTES CONSECUTIVOS

El grado de conformidad de una característica de calidad cuando se establece un doble límite en una especificación debe juzgarse por el porcentaje de producto que no cumple. El porcentaje estimativo de producto que no cumple se obtiene de la Tabla 3-B con el índice de calidad y el tamaño de la muestra.

4.1. Cálculo de los índices de calidad

Se deben calcular los índices de calidad Q_U y Q_L con las siguientes fórmulas $Q_U = \frac{U - \bar{X}}{s}$ y $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{s}$

Donde:

U = Límite superior de la especificación

L = Límite inferior de la especificación

\bar{X} = Media de la muestra.

s = Desviación normal estimativa del lote

4.3. Porcentaje de defectuosos en un lote

La calidad de un lote se expresa en términos del porcentaje de defectuosos del mismo y se designan por P_U , P_L ó P. El valor P_U indica el grado de conformidad con respecto al límite superior de la especificación P_L para el inferior y P para ambos límites especificados.

P_U y P_L se obtienen de la Tabla 3-3 a partir de Q_U y Q_L y el tamaño de la muestra; P se obtiene sumando los valores de P_U y P_L encontrados.

5. CRITERIO DE ACEPTACION Y RESUMEN PARA LA OPERACION DE LOS PLANES DE MUESTREO

5.1. Cuando se establece un solo valor del AQL para ambos límites.

5.1.1. Criterio de aceptación

Se compara el porcentaje estimativo de defectuosos del lote $P = P_U + P_L$ con el porcentaje máximo de defectuosos permisible M . Si P es igual o menor que M , el lote debe aceptarse. Si P es mayor que M o si Q_U ó Q_L o ambos son negativos, el lote debe rechazarse.

5.1.2. Resumen para la operación del plan de muestreo

5.1.2.1. Se determina el tamaño de la muestra (letra código) de la Tabla 2-A empleando los datos correspondientes al tamaño del lote y el nivel de inspección.

5.1.2.2. Se obtiene el plan de muestreo (tamaño de muestra n y el porcentaje máximo de defectuosos permisible M .) de las Tablas maestras 3-B ó 4-B.

5.1.2.3. Se extrae del lote, al azar, la muestra de n unidades, se efectúa la inspección en cada unidad de la muestra y se recopilan las mediciones de la característica de calidad.

5.1.2.4. Se calculan la media de la muestra \bar{X} , la desviación normal estimativa del lote y las cantidades $Q_U = \frac{U - \bar{X}}{s}$ $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{s}$

5.1.2.5. Se calcula el porcentaje estimativo de defectuosos del lote $P = P_U + P_L$ de la Tabla 3-B

5.1.2.6. Si el porcentaje estimativo de defectuosos del lote P , es igual o menor que el porcentaje máximo de defectuosos permisible M , el lote debe aceptarse. Si P es mayor que M ó si Q_U ó Q_L o ambos son negativos, el lote debe rechazarse.

5.2. Cuando se establecen valores diferentes del AQL para ambos límites.

5.2.1. Criterio de aceptación.

Se comparan los porcentajes estimativos de defectuosos del lote P_L y P_U con los porcentajes máximos de defectuosos permisibles M_L y M_U .

.....

También se compara $P = P_L + P_U$ con el valor que sea mayor de M_L ó M_U . Si P_L es igual o menor que M_L , P_U es igual o menor que M_U o si P es igual o menor que el valor que sea mayor de M_L ó M_U , el lote debe aceptarse de otra manera el lote debe rechazarse. Si Q_L o Q_U o ambos son negativos, debe rechazarse el lote.

5.2.2. Resumen para la operación del plan de muestreo.

5.2.2.1. Se determina el tamaño de la muestra (letra código) de la Tabla 2-A empleando los datos correspondientes al tamaño del lote y el nivel de inspección.

5.2.2.2. Se obtiene el plan de muestreo (tamaño de muestra n y los porcentajes máximos de defectuosos permisibles M_U y M_L tomando en cuenta los valores del AQL para ambos límites) de las Tablas maestras 3-B ó 4-B.

5.2.2.3. Se extrae del lote, al azar, la muestra de n unidades, se efectúa la inspección en cada unidad de la muestra y se recopilan las mediciones de la característica de calidad.

5.2.2.4. Se calculan la media de la muestra \bar{X} , la desviación normal estimativa del lote s y las cantidades $Q_U = \frac{\bar{U} - \bar{X}}{s}$ y $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{s}$

5.2.2.5. Se determina el porcentaje estimativo de defectuosos del lote P_U y P_L para ambos límites y se calcula el porcentaje total de defectuosos $P = P_U + P_L$

5.2.2.6. El lote debe aceptarse si se satisfacen las siguientes condiciones:

- a) P_U es igual o menor que M_U
- b) P_L es igual o menor que M_L
- c) P es igual o menor que el valor que sea mayor de M_L y M_U , de otra manera, el lote debe rechazarse ó si Q_U ó Q_L o ambos son negativos.

SÍMBOLODEFINICION

n	Tamaño de la muestra para un lote simple.
\bar{X}	Media de la muestra.- Es la media aritmética obtenida de las mediciones de la muestra, de un lote simple.
s	Es la desviación normal estimativa del lote. Es la desviación normal de las mediciones de un lote simple.
U	Límite superior de la especificación.
L	Límite inferior de la especificación.
k	Constante de aceptación que se encuentra en las tablas 1B y 2B.
Q_U	Índice de calidad que se obtiene de la tabla 5-B
Q_L	Índice de calidad que se obtiene de la tabla 5-B
p_U	Porcentaje estimativo de defectuosos de la muestra de un lote, arriba del valor de U que se obtiene de la tabla 5-B.
p_L	Porcentaje estimativo de defectuosos de la muestra de un lote, abajo del valor de L, que se obtiene de la tabla 5-B.
p	Porcentaje total estimativo de defectuosos de la muestra de un lote $p = p_U + p_L$.
M	Porcentaje máximo de defectuosos permisible para la muestra que se obtiene de las tablas 3B y 4B.
M_U	Porcentaje máximo de defectuosos permisible arriba del valor de U que se obtiene de las tablas 3B y 4B. (Se emplean cuando se fijan diferentes valores del AQL para U y L).
M_L	Porcentaje máximo de defectuosos permisible abajo del valor de L que se obtiene de las tablas 3B y 4B. (Se emplean cuando se fijan diferentes valores del AQL para U y L).
\bar{p}	Porcentaje promedio total estimativo de defectuosos del proceso.

\bar{p}_U

Es el promedio estimativo del proceso para el lí
mite superior de una especificación.

\bar{p}_L

Es el promedio estimativo del proceso para el lí
mite inferior de la especificación.

T

Es el número máximo de promedios estimativos del
proceso que pueden exceder al valor del AQL, y -
se obtiene de la tabla 6-B (Se emplea en el caso
de establecer una inspección estricta).

F

Factor que se emplea en la determinación de la -
máxima desviación normal (M.D.N.). Los valores
se encuentran en la tabla 8B.

DETERMINACION DEL PROMEDIO ESTIMATIVO DEL PROCESO Y CRITERIA DE SEVERIDAD DE LAS INSPECCIONES.

1. DETERMINACION DEL PROMEDIO ESTIMATIVO DEL PROCESO

Promedio del proceso es el porcentaje promedio de defectuosos obtenido de un grupo de lotes, enviados para inspección original.

1.1. Condiciones generales

1.1.1. El promedio estimativo del proceso debe determinarse a partir de los resultados obtenidos de la inspección de las muestras, extraídas de un número determinado de los últimos lotes, con objeto de establecer la severidad de la inspección durante el curso de un contrato.

1.1.2. Para la determinación del promedio estimativo del proceso deben tomar en cuenta todos los lotes en cuestión, pero cada uno de ellos debe inspeccionarse una sola vez.

1.1.3. El promedio estimativo del proceso, se designa por \bar{p}_U , \bar{p}_L , \bar{p} , ya sea que se considere el límite superior, el límite inferior o ambos límites respectivamente.

1.1.4. Los resultados de la inspección del producto que ha sido defectuoso en condiciones de producción no usuales, deben excluirse para el cálculo del promedio del proceso.

1.2. Cálculo del promedio estimativo del proceso

1.2.1. El promedio estimativo del proceso es la media aritmética del porcentaje estimativo de defectuosos de una serie de lotes, calculada a partir de los resultados de la inspección por muestreo de los 10 últimos lotes o cualquier otro número de ellos.

1.2.1.1. Para la determinación del porcentaje estimativo de defectuosos de un lote, deben calcularse los índices de calidad Q_U y/o Q_L con las siguientes fórmulas:

$$Q_U = \frac{U - \bar{X}}{s} \quad Q_L = \frac{\bar{X} - L}{s}$$

1.2.2. Cuando se establece un solo límite en una especificación.

1.2.2.1. El porcentaje estimativo de defectuosos de un lote p_U ó p_L se obtiene de la Tabla 5-8 con los índices de calidad Q_U ó Q_L y el tamaño de la muestra para los planes de muestreo basados en el método de la desviación normal.

1.2.2.2. El promedio estimativo del proceso \bar{p}_U es la media aritmética de los p_U de cada lote. Similarmente el promedio estimativo del proceso \bar{p}_L es la media aritmética de los p_L de cada lote.

1.2.3. Cuando se establece un doble límite en una especificación.

1.2.3.1. El porcentaje estimativo de defectuosos de un lote p_U y p_L se obtiene de la Tabla 5-B con los índices de calidad Q_U y Q_L y el tamaño de la muestra para los planes de muestreo basados en el método de la desviación normal.

1.2.3.2. El porcentaje estimativo total de defectuosos del lote es $p = p_U + p_L$. El promedio estimativo del proceso \bar{p} es la media aritmética de los \bar{p} de cada lote.

1.2.4. Caso especial.

1.2.4.1. Si el índice de calidad Q_U ó Q_L es un número negativo, entonces se entra a la Tabla 5-B sin tomar en cuenta el signo. En este caso el porcentaje de defectuosos del lote arriba del límite superior o abajo del límite inferior, se obtiene sustrayendo de 100% el porcentaje encontrado.

Ejemplo:

Si $Q_U = -0.50$ y $Q_L = 1.60$ para una muestra de 50 unidades

$$p_U = 100 - 30.93 = 69.07\%$$

$$p_L = 5.83\%$$

$$p = 69.07\% + 5.33\% = 74.40\%$$

2. SEVERIDAD DE LA INSPECCION

2.1. Al iniciar la inspección

Debe emplearse la inspección normal al comenzar cualquier inspección, a menos que se indique otra cosa.

2.2. Durante la inspección

Durante el curso de la inspección, debe emplearse la inspección normal, a menos que se presenten los casos indicados en 2.3. y 2.4.

2.3. Inspección estricta.

2.3.1 Se debe aplicar la inspección estricta cuando el promedio estimativo del proceso, calculado a partir de los 10 últimos lotes (o cualquier otro número) es mayor que el AQL fijado y cuando en más de un cierto número T de esos lotes, el porcentaje estimativo de defectuosos sea mayor que dicho AQL.

2.3.1.1. Los valores T se encuentran en la Tabla 6-B y están calculados para los últimos 5, 10 y 15 lotes.

2.3.2. La inspección normal se aplica nuevamente cuando el promedio estimativo del proceso de lotes bajo inspección estricta es igual o menor que el AQL fijado.

2.4. Inspección reducida

La inspección reducida se aplica si se cumplen las siguientes condiciones:

2.4.1. Cuando ninguno de los últimos 10 lotes (o cualquier otro número) sometidos a inspección normal, ha sido rechazado.

2.4.2. Cuando el porcentaje estimativo de defectuosos de esos últimos lotes es menor que el límite inferior dado en la Tabla 7-B o si para ciertos planes de muestreo, el porcentaje estimativo de defectuosos es igual a cero para un número determinado de lotes consecutivos (ver Tabla 7-B).

2.4.3. Cuando la producción es ininterrumpida.

2.5. La inspección normal se aplica nuevamente si cualquiera de las siguientes condiciones se presentan durante la inspección reducida.

2.5.1. Se rechaza un lote.

2.5.2. El promedio estimativo del proceso es mayor que el AQL fijado.

2.5.3. La producción llega a hacerse interrumpida o demorada.

2.5.4. Otras condiciones que ameriten que se aplique nuevamente la inspección normal.

2.6. Planes de muestreo para inspecciones estricta y reducida

Los planes de muestreo para las inspecciones reducida y estricta se encuentran en la Sección I-B, Partes I y II.

NOTA 1. Cuando el tamaño de la muestra es diferente en cada lote, se entra a la Tabla 6-B con el tamaño de muestra menor, correspondiente a los lotes de ese grupo para el cálculo del promedio estimativo del proceso.

NOTA 2. Si se emplea el criterio de aceptación de la forma 1 - cuando se establece un solo límite en una especificación - en la aceptación de un lote n , no es posible obtener en este caso los valores de p_U ó p_L para el cálculo del promedio estimativo de proceso; por tanto, es necesario seguir los procedimientos dados en los párrafos 6.1 y 6.2 de la forma 2.

EJEMPLO DE CALCULO PARA
LA FORMA I

CUANDO SE ESTABLECE UN SOLO LIMITE EN UNA ESPECIFICACION. VA
RIABILIDAD DESCONOCIDA. METODO DE LA DESVIACION NORMAL.

La temperatura máxima de operación para un cierto accesorio es de 209°C y se envia para inspección un lote de 40 unidades. Se establece el nivel de inspección IV y un AQL = 1%. De las Tablas 2-A y 1-B se obtiene una muestra de 5 unidades. Suponiendo que las mediciones efectuadas dan los siguientes valores: 197, 188, 164, 205 y 201, decidir si se acepta ese lote.

<u>Información necesaria</u>	<u>Valor obtenido</u>	<u>Explicación</u>
1. Tamaño de la muestra: n	5	
2. Suma de las mediciones: $\sum X$	975	
3. Suma de los cuadrados de las mediciones: $\sum x^2$	190,435	
4. Factor de corrección (FC): $(\sum X)^2/n$	190,125	$(975)^2/5$
5. Suma corregida de los cuadrados (SC): $\sum x^2 - FC$	310	190,435 -190,125
6. Variancia (V): $SC/n-1$	77.5	310/4
7. Desviación normal, estimativa del lote $s = \sqrt{V}$	8.81	$\sqrt{77.5}$
8. Media de la muestra (\bar{X}): $\sum X/n$	195	975/5
9. Límite de la especificación (superior): U	209	
10. La cantidad: $(U - \bar{X})/s$	1.59	$(209-195)/8.81$
11. Constante de aceptación	1.53	(Ver Tabla 1-B)
12. Criterio de aceptación: se compara $\frac{U - \bar{X}}{s}$ con k	1.59 > 1.53	(Ver párrafo 3.2)

El lote se acepta ya que $\frac{U - \bar{X}}{s}$ es mayor que K.

Si se establece el límite inferior L, se calcula el índice de calidad $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{s}$ (10) y se compara con k. El lote se acepta si el valor obtenido es igual o mayor que k.

EJEMPLO DE CALCULO PARA
LA FORMA 2

CUANDO SE ESTABLECE UN SOLO LIMITE EN UNA ESPECIFICACION. VARIABILIDAD DESCONOCIDA. METODO DE LA DESVIACION NORMAL.

La temperatura máxima de operación para un cierto accesorio es de 209°C y se envía para inspección un lote de 40 unidades. Se establece el nivel de inspección IV y un AQL = 1%. De las Tablas 2-A y 1-B se obtiene una muestra de 5 unidades. Suponiendo que las mediciones efectuadas dan los siguientes valores: 197 188; 184; 205 y 201 decidir si se acepta el lote.

<u>Información necesaria</u>	<u>Valor obtenido</u>	<u>Explicación</u>
1. Tamaño de la muestra: n	5	
2. Suma de las mediciones: ΣX	975	
3. Suma de los cuadros de las mediciones: ΣX^2	190,435	
4. Factor de corrección (FC): $(\Sigma X)^2/n$	190,125	$(975)^2/5$
5. Suma corregida de los cuadros (SC): $\Sigma X^2 - FC$	310	190,435 - 190,125
6. Variancia (V): $SC/n-1$	77.5	310/4
7. Desviación normal estimativa del lote (S): V	8.81	$\sqrt{77.5}$
8. Media de la muestra \bar{X} : $\Sigma X/n$	195	975/5
9. Límite de la especificación (superior): U	209	
10. Índice de calidad: $Q_U = \frac{U - \bar{X}}{s}$	1.59	$\frac{209 - 195}{8.81}$
11. Porcentaje estimativo de defectuosos del lote p_U	2.19%	(Ver Tabla 5-B)
12. Porcentaje máximo de defectuosos permisible M	3.32%	(Ver Tabla 3-B)
13. Criterio de aceptación. Se compara p_U con M.	2.19% < 3.32%	(Ver párrafo 6.)

El lote se acepta, ya que p_U es menor que M.

Si se establece el límite inferior L, se calcula el índice de calidad $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{s}$ (10), y se obtiene el porcentaje estimativo de defectuosos del lote p_L ; se compara p_L con M. Si este valor es igual o menor que M, se acepta el lote.

EJEMPLO PARA CUANDO SE ESTABLECE UN DOBLE LIMITE
 EN UNA ESPECIFICACION. VARIABILIDAD DESCONOCIDA.
 METODO DE LA DESVIACION NORMAL. SE FIJA UN SOLO
 VALOR DEL AQL PARA AMBOS LIMITES.

La temperatura mínima de operación para un cierto accesorio es de 180°C y la máxima 209°C. Se envía un lote de 40 unidades para la inspección. Se emplea el nivel de inspección IV y un AQL de 1%. De las Tablas 2-A y 3-B se obtiene una muestra de 5 unidades. Suponiendo que las mediciones efectuadas dan los siguientes valores: 197; 188; 184; 205 y 201 decidir si se acepta el lote.

<u>Información necesaria</u>	<u>Valor obtenido</u>	<u>Explicación</u>
1. Tamaño de la muestra: n	5	
2. Suma de las mediciones: X	975	
3. Suma de los cuadros de las mediciones: $\sum x^2$	190,475	
4. Factor de corrección (FC): $(\sum x)^2/n$	190,125	$(975)^2/5$
5. Suma corregida de los cuadros (SC): $\sum x^2 - CF$	310	190,475 - 190,125
6. Variancia V: $SC/n-1$	77.5	310/4
7. Desviación normal estimativo del lote (s): V	8.81	77.5
8. Media de la muestra \bar{X} : X/n	195	975/5
9. Límite superior de la especificación: U	209	
10. Límite inferior de la especificación: L	180	
11. Índice de calidad: $Q_L = \frac{U - \bar{X}}{s}$	1.59	$\frac{209 - 195}{8.81}$
12. Índice de calidad: $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{s}$	1.70	$\frac{195 - 180}{8.81}$
13. Porcentaje estimativo de defectuosos del lote arriba de U: p_U	2.19%	Ver Tabla 5-B
14. Porcentaje estimativo de defectuosos del lote abajo de L: p_L	0.66%	Ver Tabla 5-B
15. Porcentaje total estimativo de defectuosos del lote: $p = p_U + p_L$	2.85%	2.19 + 0.66
16. Porcentaje máximo de defectuosos permisible M	3.32%	Ver Tabla 5-B
17. Criterio de aceptación: se compara p con M	2.85% 3.32%	ver párrafo 5.1.1

El lote se acepta ya que p es menor que M.

EJEMPLO PARA CUANDO SE ESTABLECE UN DOBLE LÍMITE EN UNA ESPECIFICACION. VARIABILIDAD DESCONOCIDA. METODO DE LA DESVIACION NORMAL. SE FIJAN VALORES DIFERENTES DEL AQL PARA LOS LIMITES.

La temperatura mínima de operación para un cierto accesorio es de 130°C y la máxima 209°C. Se envía un lote de 40 unidades para la inspección. Se emplea el nivel de inspección IV y un AQL de 1%. Se las Tablas 2-A y 3-B se obtiene una muestra de 5 unidades. Suponiendo que las mediciones efectuadas dan los siguientes valores: 197; 188; 184; 205 y 201, decidir si se acepta el lote.

<u>Información necesaria</u>	<u>Valor obtenido</u>	<u>Explicación</u>
1. Tamaño de la muestra: n	5	
2. Suma de las mediciones: X	975	
3. Suma de los cuadrados de las mediciones: $\sum x^2$	190,435	
4. Factor de corrección (FC): $(\sum x^2)/n$	190,125	$(975)^2/5$
5. Suma corregida de los cuadrados (SC): $\sum x^2 - FC$	310	190,435 - 190,125
6. Variancia (X): $SC/n-1$	77.5	310/4
7. Desviación normal estimativa del lote (s): V	8.81	77.5
8. Media de la muestra: $(\bar{X}) = \frac{X}{n}$	195	975/5
9. Límite superior de la especificación: U	209	
10. Límite inferior de la especificación: L	180	
11. Índice de calidad: $Q_U = \frac{U - \bar{X}}{s}$	1.59	209-195/8.81
12. Índice de calidad: $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{s}$	1.70	195-180/8.81
13. Porcentaje estimativo de defectuosos del lote arriba de U: p_U	2.19%	Ver Tabla 5-3
14. Porcentaje estimativo de defectuosos del lote abajo de L: p_L	0.66%	Ver Tabla 5-3
15. Porcentaje total estimativo del lote: $p = p_U + p_L$	2.85%	2.19 + 0.66
16. Porcentaje máximo de defectuosos permisible arriba de U: M_U	3.32%	Ver Tabla 5-3
17. Porcentaje máximo de defectuosos permisible abajo de L: M_L	9.80%	Ver Tabla 5-3
18. Criterio de aceptación		
a) Se compara p_U con M_U	2.19% 3.32%	Ver párrafo 5.3.1
b) Se compara p_L con M_L	0.66% 9.80%	Ver párrafo 5.3.2
c) Se compara p con M_L	0.35% 9.80%	Ver párrafo 5.3.3

T A B L A 1 - A

PARA VALORES DEL AQL SE EMPLE
QUE SE ENCUENTREN ENTRE:

0.049	0.
0.050 - 0.069	0.
0.070 - 0.109	0.
0.110 - 0.164	0.
0.165 - 0.279	0.
0.280 - 0.439	0.
0.440 - 0.699	0.
0.700 - 1.09	1.
1.10 - 1.64	1.
1.65 - 2.79	2.
2.80 - 4.39	4.
4.40 - 6.99	6.
7.00 - 10.9	10.
11.00 - 16.4	15.

T A B L A 2-A

TAMAÑO DEL LOTE	NIVELES DE INSPECCION				
	I	II	III	IV	V
3 - 8'B =	3	B	B	B	C
9 - 15'C =	4	B	B	D	D
16 - 25'D =	5	B	B	B	E
26 - 40'E =	7	B	B	B	F
41 - 65'F =	10	B	B	C	G
66 - 110'G =	15	B	B	D	H
111 - 180'H =	20	B	C	E	I
181 - 300'I =	25	B	D	E	J
301 - 500'J =	30	C	E	G	K
501 - 800'K =	35	D	F	H	L
801 - 1300'L =	40	E	G	I	L
1301 - 3200'M =	50	F	H	J	M
3201 - 8000'N =	75	G	I	L	N
8001 - 22,000'O =	100	H	J	H	O
22,001 - 110,000'P =	150	I	K	N	P
110,001 - 550,000'Q =	200	I	K	N	Q
550,000 -		I	K	P	Q

Tabla Maestra para Inspecciones Normal y Estricta para Planes Basados en la Variabilidad Desconocida (Un solo Límite en una especificación forma 1).

Letra Código	n	Niveles Aceptables de Calidad (inspección normal)													
		.04'	.06'	.10'	.15'	.25'	.40'	.65'	1.00'	1.50'	2.50'	4.00'	6.50'	10.00'	15.00
		k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
B	3									1.12	.958	.765	.566	.341	
C	4							1.45	1.34	1.17	1.01	.814	.617	.393	
D	5						1.65	1.53	1.40	1.24	1.07	.874	.675	.455	
E	7				2.00	1.88	1.75	1.62	1.50	1.33	1.15	.955	.755	.536	
F	10			2.24	2.11	1.98	1.84	1.72	1.58	1.41	1.23	1.03	.828	.611	
G	15	2.64	2.53	2.42	2.32	2.20	2.06	1.91	1.79	1.65	1.47	1.30	1.09	.886	.664
H	20	2.69	2.58	2.47	2.36	2.24	2.11	1.96	1.82	1.69	1.51	1.33	1.12	.917	.695
I	25	2.72	2.62	2.50	2.40	2.26	2.14	1.98	1.85	1.72	1.53	1.35	1.14	.936	.712
J	30	2.73	2.61	2.51	2.41	2.28	2.15	2.00	1.86	1.73	1.55	1.36	1.15	.946	.723
K	35	2.77	2.65	2.54	2.45	2.31	2.18	2.03	1.89	1.76	1.57	1.39	1.18	.969	.745
L	40	2.77	2.66	2.55	2.44	2.31	2.18	2.03	1.89	1.76	1.58	1.39	1.18	.971	.746
M	50	2.83	2.71	2.60	2.50	2.35	2.22	2.08	1.93	1.80	1.61	1.42	1.21	1.00	.774
N	75	2.90	2.77	2.65	2.55	2.41	2.27	2.12	1.98	1.84	1.65	1.46	1.24	1.03	.804
O	100	2.92	2.80	2.69	2.58	2.43	2.29	2.14	2.00	1.86	1.67	1.48	1.26	1.05	.819
P	150	2.96	2.84	2.73	2.61	2.47	2.33	2.18	2.03	1.89	1.70	1.51	1.29	1.07	.841
Q	200	2.97	2.85	2.73	2.62	2.47	2.33	2.18	2.04	1.89	1.70	1.51	1.29	1.07	.845
		.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00	
		Niveles Aceptables de Calidad (inspección reducida)													

Todos los valores del AQL están en porcentaje de defectuosos
 Se emplea el plan de muestreo que se encuentra inmediatamente abajo de la flecha, que comprende tanto el tamaño de la muestra así como el valor K. Cuando el tamaño de la muestra igual o excede al tamaño del lote, debe inspeccionarse cada una de las unidades de producto que forman el lote.
 n = tamaño de la muestra.

TABLA 2 - B Método de la desviación normal

Tabla Maestra para Inspección reducida para planes basados en la variabilidad desconocida
(Un solo límite en una especificación forma 2)

Letra Código	n	Niveles Aceptables de Calidad												
		.04'	.065'	.10'	.15'	.25'	.40'	.65'	1.00'	1.50'	2.50'	4.00'	6.50'	10.00'
		k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
B	3									1.12	.958	.765	.566	.341
C	3									1.12	.958	.765	.566	.341
D	3									1.12	.958	.765	.566	.341
E	3									1.12	.958	.765	.566	.341
F	4							1.45	1.34	1.17	1.01	.814	.617	.393
G	5					1.65	1.53	1.40	1.24	1.07	.874	.675	.455	
H	7			2.00	1.88	1.75	1.62	1.50	1.33	1.15	.955	.755	.536	
I	10			2.24	2.11	1.98	1.84	1.72	1.58	1.41	1.23	1.03	.828	.611
J	10			2.24	2.11	1.98	1.84	1.72	1.58	1.41	1.23	1.03	.828	.611
K	15	2.53	2.42	2.32	2.20	2.06	1.91	1.79	1.65	1.47	1.30	1.09	.886	.664
L	20	2.58	2.47	2.36	2.24	2.11	1.96	1.82	1.69	1.51	1.33	1.12	.917	.695
M	20	2.58	2.47	2.36	2.24	2.11	1.96	1.82	1.69	1.51	1.33	1.12	.917	.695
N	25	2.61	2.50	2.40	2.26	2.14	1.98	1.85	1.72	1.53	1.35	1.14	.936	.712
O	30	2.61	2.51	2.41	2.28	2.15	2.00	1.86	1.73	1.55	1.36	1.15	.946	.723
P	50	2.71	2.60	2.50	2.35	2.22	2.08	1.93	1.80	1.61	1.42	1.21	1.00	.774
Q	75	2.77	2.66	2.55	2.41	2.27	2.12	1.98	1.84	1.65	1.46	1.24	1.03	.804

Todos los valores del AQL están en porcentaje de defectuosos.

Se emplea el plan de muestreo que se encuentra inmediatamente abajo de la flecha que comprende tanto el tamaño de muestra, así como el valor K) Cuando el tamaño de la muestra iguala o excede al tamaño del lote, debe inspeccionarse cada una de las unidades de producto que forman el lote.

n = Tamaño de la muestra.

LA - B método de la desviación normal
 Tabla muestra para inspecciones normal y estricta para planes basados en la variabilidad
 Desconocida
 (Doble límite en una especificación y-forma 2 para un sólo límite en una especificación)

n Letra Código	n	Niveles Aceptables de Calidad (inspección normal)													
		.04	.05	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00
		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
B	3										7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
C	4								1.53	5.50	10.92	16.45	22.86	29.45	36.90
D	5							1.33	3.32	5.83	9.80	14.39	20.19	26.56	33.99
E	7				0.422	1.06	2.14	3.55	5.35	8.40	12.20	17.35	23.29	30.50	
F	10			0.349	0.716	1.30	2.17	3.26	4.77	7.29	10.54	15.17	20.74	27.57	
G	15	0.039	0.186	0.312	0.503	0.818	1.31	2.11	3.05	4.31	6.56	9.46	13.71	18.94	25.61
H	20	0.135	0.238	0.365	0.544	0.846	1.29	2.05	2.95	4.09	6.17	8.92	12.99	18.03	24.53
I	25	0.155	0.250	0.380	0.551	0.877	1.29	2.00	2.86	3.97	5.97	8.63	12.57	17.51	23.97
J	30	0.179	0.280	0.413	0.581	0.879	1.29	1.98	2.83	3.91	5.86	8.47	12.36	17.24	23.58
K	35	0.170	0.264	0.388	0.535	0.847	1.23	1.87	2.68	3.70	5.57	8.10	11.87	16.65	22.91
L	40	0.179	0.275	0.401	0.566	0.873	1.26	1.88	2.71	3.72	5.58	8.09	11.85	16.61	22.86
M	50	0.163	0.250	0.363	0.503	0.789	1.17	1.71	2.49	3.45	5.20	7.61	11.23	15.87	22.00
N	75	0.147	0.228	0.330	0.467	0.720	1.07	1.60	2.29	3.20	4.87	7.15	10.63	15.13	21.11
O	100	0.145	0.220	0.317	0.447	0.689	1.02	1.53	2.20	3.07	4.69	6.91	10.32	14.75	20.66
P	150	0.135	0.203	0.293	0.413	0.638	0.949	1.43	2.05	2.89	4.43	6.57	9.88	14.20	20.02
Q	200	0.135	0.194	0.284	0.414	0.637	0.945	1.42	2.04	2.87	4.40	6.53	9.81	14.12	19.92
		.04	.05	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00
		Niveles Aceptables							Calidad (inspección estricta)						

Los valores en la tabla están en porcentaje de defectuosos.

Se da el primer plan de muestreo que se encuentra.

TABLA 4 - B Método de la desviación normal
 Tabla maestra para inspección reducida para planes basados en la variabilidad desconocida
 con un sólo límite en una especificación y forma 2 para un sólo límite en una especificación

Letra Código	n	Niveles Aceptables de Calidad												
		.04	.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00
		M	L	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
B	3									7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
C	3									7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
D	3									7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
E	3									7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
F	4							1.53	5.50	10.00	16.45	22.86	29.45	36.90
G	5					1.33	3.32	5.83	9.80	14.39	20.19	26.56	33.99	
H	7			0.422	1.06	2.14	3.55	5.35	8.40	12.20	17.35	23.29	30.57	
I	10			0.349	0.716	1.30	2.17	3.26	4.77	7.29	10.54	15.17	20.74	27.57
J	10			0.349	0.716	1.30	2.17	3.26	4.77	7.29	10.54	15.17	20.74	27.57
K	15	0.186	0.320	0.503	0.818	1.31	2.11	3.05	4.31	6.56	9.46	13.71	18.94	25.61
L	20	0.228	0.365	0.544	0.846	1.29	2.05	2.95	4.09	6.17	8.92	12.99	18.03	24.53
M	20	0.228	0.365	0.544	0.846	1.29	2.05	2.95	4.09	6.17	8.92	12.99	18.03	24.53
N	25	0.250	0.380	0.551	0.877	1.29	2.00	2.86	3.97	5.97	8.63	12.57	17.51	23.97
O	30	0.280	0.413	0.581	0.879	1.29	1.98	2.83	3.91	5.86	8.47	12.36	17.24	23.58
P	50	0.250	0.363	0.503	0.789	1.17	1.71	2.49	3.45	5.20	7.61	11.23	15.87	22.00
Q	75	0.228	0.330	0.467	0.720	1.07	1.60	2.29	3.20	4.87	7.15	10.63	15.13	21.11

Todos los valores del M.L están en porcentaje de defectuosos

Se emplea el 1er. plan de muestreo que se encuentra inmediatamente abajo de la flecha (que comprende, tanto el tamaño de muestra, así como el valor M) Cuando el tamaño de la muestra iguala o excede al tamaño del lote debe inspeccionarse cada una de las unidades de producto que forman el lote.

Plan de la muestra.

TABLE 5 - B

Table para la determinación del porcentaje estimativo de defectuosos del lote.

C _u δ	Tamaño de la muestra															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
0	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
.1	47.34	45.67	44.44	44.20	46.16	46.10	46.08	46.06	46.05	46.05	46.04	46.04	46.03	46.03	46.02	46.02
.2	44.46	43.33	42.90	42.54	42.35	42.24	42.19	42.15	42.15	42.13	42.13	42.11	42.10	42.09	42.08	42.08
.3	41.63	40.00	39.37	38.87	38.60	38.44	38.37	38.33	38.31	38.29	38.28	38.27	38.25	38.24	38.22	38.22
.31	41.33	39.67	39.02	38.50	36.23	36.06	37.99	37.95	37.93	37.91	37.90	37.89	37.87	37.86	37.84	37.84
.32	41.06	39.33	36.67	36.14	37.86	37.69	37.62	37.58	37.55	37.54	37.52	37.51	37.49	37.43	37.46	37.46
.33	40.77	39.00	36.32	37.78	37.49	37.31	37.24	37.20	37.18	37.16	37.15	37.13	37.11	37.10	37.09	37.08
.34	40.49	38.67	37.57	37.42	37.12	36.94	36.87	36.83	36.80	36.78	36.77	36.75	36.73	36.72	36.71	36.71
.35	40.20	38.33	37.62	37.06	36.75	36.57	36.49	36.45	36.43	36.41	36.40	36.38	36.36	36.35	36.33	36.33
.36	39.91	38.00	37.28	36.69	36.38	36.20	36.12	36.08	36.05	36.04	36.02	36.01	35.98	35.97	35.95	35.96
.37	39.62	37.67	36.93	36.33	36.02	35.83	35.75	35.71	35.68	35.66	35.65	35.63	35.61	35.60	35.59	35.58
.38	39.33	37.33	36.58	35.98	35.65	35.46	35.38	35.34	35.31	35.29	35.28	35.26	35.24	35.23	35.22	35.21
.39	39.03	37.00	36.25	35.62	35.29	35.10	35.01	34.97	34.94	34.93	34.91	34.89	34.87	34.86	34.84	34.84
40	38.74	36.67	35.83	35.26	34.93	34.73	34.65	34.60	34.58	34.56	34.54	34.53	34.50	34.49	34.48	34.47
.41	38.45	36.33	35.51	34.90	34.57	34.37	34.28	34.24	34.21	34.19	34.18	34.16	34.13	34.12	34.11	34.10
.42	38.15	36.00	35.19	34.55	34.21	34.00	33.92	33.87	33.85	33.83	33.81	33.79	33.77	33.75	33.74	33.74
.43	37.85	35.67	34.85	34.19	33.85	33.64	33.56	33.51	33.48	33.46	33.45	33.43	33.40	33.39	33.38	33.37
.44	37.56	35.33	34.50	33.84	33.49	33.28	33.20	33.15	33.12	33.10	33.09	33.07	33.04	33.03	33.02	33.01
.45	37.26	35.00	34.16	33.49	33.13	32.92	32.84	32.79	32.76	32.74	32.73	32.71	32.68	32.67	32.66	32.65
.46	36.96	34.67	33.81	33.13	32.78	32.57	32.48	32.43	32.40	32.38	32.37	32.35	32.32	32.31	32.30	32.29
.47	36.66	34.33	33.47	32.78	32.42	32.21	32.12	32.07	32.04	32.02	32.01	31.99	31.96	31.95	31.94	31.93
.48	36.35	34.00	33.12	32.42	32.07	31.85	31.77	31.72	31.69	31.67	31.65	31.63	31.61	31.60	31.58	31.58
.49	36.05	33.67	32.78	32.08	31.72	31.50	31.41	31.36	31.33	31.31	31.30	31.28	31.25	31.24	31.23	31.22
50	35.75	33.33	32.44	31.74	31.37	31.15	31.06	31.01	30.98	30.96	30.95	30.93	30.90	30.89	30.87	30.87
.51	35.44	33.00	32.10	31.39	31.02	30.80	30.71	30.66	30.63	30.61	30.60	30.57	30.55	30.54	30.52	30.52
.52	35.13	32.67	31.75	31.04	30.67	30.45	30.36	30.31	30.28	30.26	30.25	30.23	30.20	30.19	30.17	30.17
.53	34.82	32.33	31.42	30.70	30.32	30.10	30.01	29.96	29.93	29.91	29.90	29.88	29.85	29.84	29.83	29.82
.54	34.51	32.00	31.08	30.36	29.96	29.76	29.67	29.62	29.59	29.57	29.55	29.53	29.53	29.51	29.48	29.48
.55	34.20	31.67	30.74	30.01	29.64	29.41	29.32	29.27	29.24	29.22	29.21	29.19	29.16	29.15	29.14	29.13
.56	33.88	31.33	30.40	29.67	29.29	29.07	28.96	28.93	28.90	28.88	28.87	28.85	28.82	28.81	28.79	28.79
.57	33.57	31.00	30.06	29.33	28.95	28.73	28.64	28.59	28.56	28.54	28.53	28.51	28.48	28.47	28.45	28.45
.58	33.25	30.67	29.73	29.00	28.61	28.39	28.30	28.25	28.22	28.20	28.19	28.17	28.14	28.13	28.12	28.11
.59	32.94	30.33	29.39	28.66	28.28	28.05	27.96	27.92	27.89	27.87	27.85	27.83	27.81	27.79	27.78	27.77

TABLE 5 - B

Tabla para la determinación del porcentaje estimativo de defectuosos el lote. Método de la desviación normal

C	Tamaño de la muestra															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
.60	32.61	30.00	29.00	28.32	27.94	27.72	27.63	27.58	27.55	27.53	27.52	27.50	27.47	27.46	27.45	27.44
.61	32.28	29.67	28.72	28.05	27.66	27.44	27.35	27.30	27.27	27.25	27.24	27.22	27.18	27.16	27.14	27.11
.62	31.96	29.33	28.40	27.73	27.34	27.12	27.03	26.98	26.95	26.93	26.92	26.90	26.85	26.83	26.81	26.78
.63	31.63	29.00	28.05	27.38	26.99	26.77	26.68	26.63	26.60	26.58	26.57	26.55	26.50	26.48	26.47	26.45
.64	31.30	28.67	27.72	27.05	26.66	26.44	26.35	26.30	26.27	26.25	26.24	26.22	26.18	26.15	26.14	26.12
.65	30.97	28.33	27.38	26.71	26.32	26.10	26.01	25.96	25.93	25.91	25.90	25.88	25.83	25.81	25.79	25.78
.66	30.63	28.00	27.05	26.38	25.99	25.77	25.68	25.63	25.60	25.58	25.57	25.55	25.50	25.48	25.47	25.45
.67	30.30	27.67	26.72	26.05	25.66	25.44	25.35	25.30	25.27	25.25	25.24	25.22	25.18	25.15	25.14	25.12
.68	29.96	27.33	26.38	25.71	25.32	25.10	25.01	24.96	24.93	24.91	24.90	24.88	24.83	24.81	24.79	24.78
.69	29.61	27.00	26.05	25.38	24.99	24.77	24.68	24.63	24.60	24.58	24.57	24.55	24.50	24.48	24.47	24.45
.70	29.27	26.67	25.72	25.05	24.66	24.44	24.35	24.30	24.27	24.25	24.24	24.22	24.18	24.15	24.14	24.12
.71	28.92	26.33	25.38	24.71	24.32	24.10	24.01	23.96	23.93	23.91	23.90	23.88	23.83	23.81	23.79	23.78
.72	28.57	26.00	25.05	24.38	23.99	23.77	23.68	23.63	23.60	23.58	23.57	23.55	23.50	23.48	23.47	23.45
.73	28.22	25.67	24.72	24.05	23.66	23.44	23.35	23.30	23.27	23.25	23.24	23.22	23.18	23.15	23.14	23.12
.74	27.86	25.33	24.38	23.71	23.32	23.10	23.01	22.96	22.93	22.91	22.90	22.88	22.83	22.81	22.79	22.78
.75	27.50	25.00	24.05	23.38	22.99	22.77	22.68	22.63	22.60	22.58	22.57	22.55	22.50	22.48	22.47	22.45
.76	27.13	24.67	23.72	23.05	22.66	22.44	22.35	22.30	22.27	22.25	22.24	22.22	22.18	22.15	22.14	22.12
.77	26.77	24.33	23.38	22.71	22.32	22.10	22.01	21.96	21.93	21.91	21.90	21.88	21.83	21.81	21.79	21.78
.78	26.39	24.00	23.05	22.38	21.99	21.77	21.68	21.63	21.60	21.58	21.57	21.55	21.50	21.48	21.47	21.45
.79	26.02	23.67	22.72	22.05	21.66	21.44	21.35	21.30	21.27	21.25	21.24	21.22	21.18	21.15	21.14	21.12
.80	25.64	23.33	22.38	21.71	21.32	21.10	21.01	20.96	20.93	20.91	20.90	20.88	20.83	20.81	20.79	20.78
.81	25.25	23.00	22.05	21.38	20.99	20.77	20.68	20.63	20.60	20.58	20.57	20.55	20.50	20.48	20.47	20.45
.82	24.86	22.67	21.72	21.05	20.66	20.44	20.35	20.30	20.27	20.25	20.24	20.22	20.18	20.15	20.14	20.12
.83	24.47	22.33	21.38	20.71	20.32	20.10	20.01	19.96	19.93	19.91	19.90	19.88	19.83	19.81	19.79	19.78
.84	24.07	22.00	21.05	20.38	19.99	19.77	19.68	19.63	19.60	19.58	19.57	19.55	19.50	19.48	19.47	19.45
.85	23.67	21.67	20.72	20.05	19.66	19.44	19.35	19.30	19.27	19.25	19.24	19.22	19.18	19.15	19.14	19.12
.86	23.26	21.33	20.38	19.71	19.32	19.10	19.01	18.96	18.93	18.91	18.90	18.88	18.83	18.81	18.79	18.78
.87	22.84	21.00	20.05	19.38	18.99	18.77	18.68	18.63	18.60	18.58	18.57	18.55	18.50	18.48	18.47	18.45
.88	22.42	20.67	19.72	19.05	18.66	18.44	18.35	18.30	18.27	18.25	18.24	18.22	18.18	18.15	18.14	18.12
.89	21.99	20.33	19.38	18.71	18.32	18.10	18.01	17.96	17.93	17.91	17.90	17.88	17.83	17.81	17.79	17.78

TABLA 5 - B
 Tabla para la determinación del porcentaje estimativo de defectuosos del lote¹ todo de la desviación normal

Número	Tamaño de la Muestra															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
.90	21.35	20.00	19.33	18.90	18.77	18.54	18.50	18.47	18.46	18.45	18.44	18.43	18.42	18.42	18.41	18.41
.91	21.11	19.67	19.07	18.61	18.39	18.27	18.22	18.20	18.19	18.18	18.17	18.17	18.16	18.15	18.15	18.15
.92	20.66	19.33	18.77	18.33	18.11	18.00	17.96	17.94	17.92	17.92	17.91	17.90	17.89	17.89	17.88	17.88
.93	20.20	19.00	18.46	18.04	17.84	17.73	17.69	17.67	17.66	17.65	17.65	17.64	17.63	17.63	17.62	17.62
.94	19.74	18.67	18.16	17.76	17.57	17.46	17.43	17.41	17.40	17.39	17.39	17.38	17.37	17.37	17.36	17.36
.95	19.25	18.33	17.86	17.48	17.29	17.20	17.17	17.15	17.14	17.13	17.13	17.12	17.12	17.11	17.11	17.11
.96	18.76	18.00	17.55	17.20	17.03	16.94	16.91	16.89	16.88	16.88	16.87	16.87	16.86	16.86	16.86	16.86
.97	18.25	17.67	17.25	16.92	16.76	16.68	16.65	16.63	16.63	16.62	16.62	16.61	16.61	16.61	16.60	16.60
.98	17.74	17.33	16.96	16.65	16.43	16.42	16.39	16.38	16.37	16.37	16.37	16.36	16.36	16.36	16.36	16.36
.99	17.21	17.00	16.65	16.37	16.23	16.16	16.14	16.13	16.12	16.12	16.12	16.12	16.11	16.11	16.11	16.11
1.00	16.67	16.67	16.36	16.10	15.97	15.91	15.89	15.88	15.88	15.87	15.87	15.87	15.87	15.87	15.87	15.87
1.01	16.11	16.33	16.07	15.83	15.72	15.66	15.64	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.62	15.62	15.62	15.62
1.02	15.53	16.00	15.79	15.56	15.46	15.41	15.40	15.39	15.39	15.39	15.39	15.38	15.38	15.38	15.38	15.38
1.03	14.93	15.67	15.43	15.30	15.21	15.17	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15
1.04	14.31	15.33	15.13	15.03	14.96	14.92	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91
1.05	13.66	15.00	14.81	14.77	14.71	14.68	14.67	14.67	14.67	14.67	14.67	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68
1.06	12.96	14.67	14.62	14.51	14.46	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.45	14.45	14.45	14.45
1.07	12.27	14.33	14.33	14.26	14.22	14.20	14.20	14.21	14.21	14.21	14.21	14.21	14.22	14.22	14.22	14.22
1.08	11.51	14.00	14.05	14.00	13.97	13.97	13.97	13.98	13.98	13.98	13.99	13.99	13.99	14.00	14.00	14.00
1.09	10.71	13.67	13.75	13.75	13.73	13.74	13.74	13.75	13.75	13.76	13.76	13.76	13.77	13.77	13.78	13.78
1.10	9.84	13.33	13.40	13.40	13.50	13.51	13.52	13.52	13.53	13.54	13.54	13.54	13.55	13.55	13.56	13.56
1.11	8.89	13.00	13.20	13.25	13.26	13.28	13.29	13.30	13.31	13.31	13.32	13.32	13.33	13.34	13.34	13.34
1.12	7.82	12.67	12.93	13.00	13.03	13.05	13.07	13.08	13.09	13.10	13.10	13.11	13.12	13.12	13.12	13.13
1.13	6.60	12.33	12.63	12.75	12.80	12.83	12.85	12.86	12.87	12.88	12.89	12.89	12.90	12.91	12.91	12.92
1.14	5.08	12.00	12.37	12.51	12.57	12.61	12.63	12.65	12.66	12.67	12.67	12.67	12.68	12.70	12.70	12.70
1.15	0.29	11.67	12.10	12.27	12.34	12.39	12.42	12.44	12.45	12.46	12.46	12.47	12.48	12.49	12.49	12.50
1.16	0.00	11.33	11.83	12.03	12.12	12.18	12.21	12.22	12.24	12.25	12.25	12.26	12.28	12.28	12.29	12.29
1.17	0.00	11.00	11.56	11.75	11.90	11.96	12.00	12.02	12.03	12.04	12.05	12.06	12.08	12.08	12.09	12.09
1.18	0.00	10.67	11.29	11.56	11.68	11.75	11.79	11.81	11.82	11.83	11.84	11.85	11.87	11.87	11.88	11.88

TABLA 5 - B
 Tabla para la determinación del porcentaje estimativo de defectuosos del lote método de la desviación normal.

C ₁	Tamaño de la muestra															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
1.20	0.00	10.00	10.76	11.10	11.24	11.34	11.38	11.41	11.42	11.43	11.44	11.46	11.47	11.48	11.49	11.49
1.21	0.00	9.67	10.50	10.87	11.03	11.13	11.18	11.21	11.22	11.24	11.25	11.26	11.28	11.29	11.30	11.30
1.22	0.00	9.33	10.23	10.65	10.82	10.93	10.98	11.01	11.03	11.04	11.05	11.07	11.09	11.09	11.10	11.11
1.23	0.00	9.00	9.97	10.42	10.61	10.73	10.78	10.81	10.84	10.85	10.86	10.88	10.90	10.91	10.91	10.92
1.24	0.00	8.67	9.72	10.20	10.41	10.53	10.59	10.62	10.64	10.66	10.67	10.69	10.71	10.72	10.73	10.73
1.25	0.00	8.33	9.46	9.98	10.21	10.34	10.40	10.43	10.46	10.47	10.48	10.50	10.52	10.53	10.54	10.55
1.26	0.00	8.00	9.21	9.77	10.00	10.15	10.21	10.25	10.27	10.29	10.30	10.32	10.34	10.35	10.36	10.37
1.27	0.00	7.67	8.96	9.55	9.81	9.96	10.02	10.06	10.09	10.10	10.12	10.13	10.16	10.17	10.18	10.19
1.28	0.00	7.33	8.71	9.34	9.61	9.77	9.84	9.88	9.90	9.92	9.94	9.95	9.98	9.99	10.00	10.01
1.29	0.00	7.00	8.46	9.13	9.42	9.58	9.65	9.70	9.72	9.74	9.76	9.78	9.80	9.82	9.83	9.83
1.30	0.00	6.67	8.21	8.93	9.22	9.40	9.48	9.52	9.55	9.57	9.58	9.60	9.63	9.64	9.65	9.66
1.31	0.00	6.33	7.97	8.72	9.03	9.22	9.30	9.34	9.37	9.39	9.41	9.43	9.46	9.47	9.48	9.49
1.32	0.00	6.00	7.72	8.52	8.85	9.04	9.12	9.17	9.20	9.22	9.24	9.26	9.29	9.30	9.31	9.32
1.33	0.00	5.67	7.47	8.32	8.66	8.86	8.95	9.00	9.03	9.05	9.07	9.09	9.12	9.13	9.15	9.15
1.34	0.00	5.33	7.25	8.12	8.48	8.69	8.73	8.83	8.86	8.88	8.90	8.92	8.95	8.97	8.98	8.99
1.35	0.00	5.00	7.02	7.92	8.30	8.52	8.61	8.66	8.69	8.72	8.74	8.76	8.79	8.81	8.82	8.83
1.36	0.00	4.67	6.79	7.73	8.12	8.35	8.44	8.50	8.53	8.55	8.57	8.60	8.63	8.65	8.66	8.67
1.37	0.00	4.33	6.56	7.54	7.95	8.18	8.28	8.33	8.37	8.39	8.41	8.44	8.47	8.49	8.50	8.51
1.38	0.00	4.00	6.33	7.35	7.77	8.01	8.12	8.17	8.21	8.24	8.25	8.28	8.31	8.33	8.35	8.35
1.39	0.00	3.67	6.10	7.17	7.60	7.85	7.96	8.01	8.05	8.08	8.10	8.12	8.16	8.18	8.19	8.20
1.40	0.00	3.33	5.83	6.98	7.44	7.69	7.80	7.86	7.90	7.92	7.94	7.97	8.01	8.02	8.04	8.05
1.41	0.00	3.00	5.66	6.80	7.27	7.53	7.64	7.70	7.74	7.77	7.79	7.82	7.86	7.87	7.89	7.90
1.42	0.00	2.67	5.44	6.62	7.10	7.37	7.49	7.55	7.59	7.62	7.64	7.67	7.71	7.73	7.74	7.75
1.43	0.00	2.33	5.23	6.45	6.94	7.22	7.34	7.40	7.44	7.47	7.50	7.52	7.56	7.58	7.60	7.61
1.44	0.00	2.00	5.01	6.27	6.78	7.07	7.19	7.26	7.30	7.33	7.35	7.38	7.42	7.44	7.46	7.47
1.45	0.00	1.67	4.81	6.10	6.63	6.92	7.04	7.11	7.15	7.18	7.21	7.24	7.28	7.30	7.31	7.33
1.46	0.00	1.33	4.60	5.93	6.47	6.77	6.90	6.97	7.01	7.04	7.07	7.10	7.14	7.16	7.18	7.19
1.47	0.00	1.00	4.39	5.77	6.32	6.63	6.75	6.83	6.87	6.90	6.93	6.96	7.00	7.02	7.04	7.05
1.48	0.00	0.67	4.19	5.60	6.17	6.48	6.61	6.69	6.73	6.77	6.79	6.82	6.86	6.88	6.90	6.91
1.49	0.00	0.33	4.00	5.44	6.02	6.34	6.48	6.55	6.60	6.63	6.65	6.69	6.73	6.75	6.77	6.78

Tabla para la determinación del porcentaje estimativo de defectuosos del lote método de la desviación normal

Q _u δ _u Q _l	Tamaño de la Muestra															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
1.50	0.00	0.00	3.80	5.28	5.87	6.20	6.34	6.41	6.46	6.50	6.52	6.55	6.60	6.62	6.64	6.65
1.51	0.00	0.00	3.61	5.13	5.73	6.06	6.20	6.28	6.33	6.36	6.39	6.42	6.47	6.49	6.51	6.52
1.52	0.00	0.00	3.42	4.97	5.59	5.93	6.07	6.15	6.20	6.23	6.26	6.29	6.34	6.36	6.38	6.39
1.53	0.00	0.00	3.25	4.82	5.45	5.80	5.94	6.02	6.07	6.11	6.13	6.17	6.21	6.24	6.26	6.27
1.54	0.00	0.00	3.05	4.67	5.31	5.67	5.81	5.89	5.95	5.98	6.01	6.04	6.09	6.11	6.13	6.15
1.55	0.00	0.00	2.87	4.52	5.18	5.54	5.69	5.77	5.82	5.86	5.88	5.92	5.97	5.99	6.01	6.02
1.56	0.00	0.00	2.69	4.38	5.05	5.41	5.56	5.65	5.70	5.74	5.76	5.80	5.85	5.87	5.89	5.90
1.57	0.00	0.00	2.52	4.24	4.92	5.29	5.44	5.53	5.58	5.62	5.64	5.68	5.73	5.75	5.78	5.79
1.58	0.00	0.00	2.35	4.10	4.79	5.16	5.32	5.41	5.46	5.50	5.53	5.56	5.61	5.64	5.66	5.67
1.59	0.00	0.00	2.19	3.96	4.66	5.04	5.20	5.29	5.34	5.38	5.41	5.45	5.50	5.52	5.54	5.56
1.60	0.00	0.00	2.03	3.83	4.54	4.92	5.09	5.17	5.23	5.27	5.30	5.33	5.38	5.41	5.43	5.44
1.61	0.00	0.00	1.87	3.69	4.41	4.81	4.97	5.06	5.12	5.16	5.18	5.22	5.27	5.30	5.32	5.33
1.62	0.00	0.00	1.72	3.57	4.30	4.69	4.66	4.95	5.01	5.04	5.07	5.11	5.16	5.19	5.21	5.23
1.63	0.00	0.00	1.57	3.44	4.18	4.58	4.75	4.84	4.90	4.94	4.97	5.01	5.06	5.08	5.11	5.12
1.64	0.00	0.00	1.42	3.31	4.06	4.47	4.64	4.73	4.79	4.83	4.86	4.90	4.95	4.98	5.00	5.01
1.65	0.00	0.00	1.28	3.19	3.95	4.36	4.53	4.62	4.68	4.72	4.75	4.79	4.85	4.87	4.90	4.91
1.66	0.00	0.00	1.15	3.07	3.84	4.25	4.43	4.52	4.58	4.62	4.65	4.69	4.74	4.77	4.80	4.81
1.67	0.00	0.00	1.02	2.95	3.73	4.15	4.32	4.42	4.48	4.52	4.55	4.59	4.64	4.67	4.70	4.71
1.68	0.00	0.00	0.89	2.84	3.62	4.05	4.22	4.32	4.38	4.42	4.45	4.49	4.55	4.57	4.60	4.61
1.69	0.00	0.00	0.77	2.73	3.52	3.94	4.12	4.22	4.28	4.32	4.35	4.39	4.45	4.47	4.50	4.51
1.70	0.00	0.00	0.66	2.62	3.41	3.84	4.02	4.12	4.18	4.22	4.25	4.30	4.35	4.38	4.41	4.42
1.71	0.00	0.00	0.55	2.51	3.31	3.75	3.93	4.02	4.09	4.13	4.16	4.20	4.26	4.29	4.31	4.32
1.72	0.00	0.00	0.45	2.41	3.21	3.65	3.83	3.93	3.99	4.04	4.07	4.11	4.17	4.19	4.22	4.23
1.73	0.00	0.00	0.36	2.30	3.11	3.56	3.74	3.84	3.90	3.94	3.98	4.02	4.08	4.10	4.13	4.14
1.74	0.00	0.00	0.27	2.20	3.02	3.46	3.65	3.75	3.81	3.85	3.89	3.93	3.99	4.01	4.04	4.05
1.75	0.00	0.00	0.19	2.11	2.93	3.37	3.56	3.66	3.72	3.77	3.80	3.84	3.90	3.93	3.95	3.97
1.76	0.00	0.00	0.12	2.01	2.83	3.28	3.47	3.57	3.63	3.68	3.71	3.76	3.81	3.84	3.87	3.88
1.77	0.00	0.00	0.06	1.92	2.74	3.20	3.38	3.48	3.55	3.59	3.63	3.67	3.73	3.76	3.78	3.80
1.78	0.00	0.00	0.02	1.83	2.66	3.11	3.30	3.40	3.47	3.51	3.54	3.59	3.64	3.67	3.70	3.71
1.79	0.00	0.00	0.00	1.74	2.57	3.03	3.21	3.32	3.38	3.43	3.46	3.51	3.56	3.59	3.63	3.63

TABLA 5 - B
 Tabla para la determinación del porcentaje estimativo de defectuosos del lote (todo lo la desviación normal)

Z	Tamaño de la Muestra.															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
1.80	0.00	0.00	0.00	1.55	2.49	2.94	3.13	3.24	3.30	3.35	3.38	3.43	3.48	3.51	3.54	3.55
1.81	0.00	0.00	0.00	1.57	2.40	2.86	3.05	3.16	3.22	3.27	3.30	3.35	3.40	3.43	3.46	3.47
1.82	0.00	0.00	0.00	1.49	2.32	2.79	2.98	3.08	3.15	3.19	3.22	3.27	3.33	3.36	3.38	3.40
1.83	0.00	0.00	0.00	1.71	2.25	2.71	2.90	3.00	3.07	3.11	3.15	3.19	3.25	3.28	3.31	3.32
1.84	0.00	0.00	0.00	1.54	2.17	2.63	2.82	2.93	2.99	3.04	3.07	3.12	3.18	3.21	3.23	3.25
1.85	0.00	0.00	0.00	1.26	2.09	2.56	2.75	2.85	2.92	2.97	3.00	3.05	3.10	3.13	3.16	3.17
1.86	0.00	0.00	0.00	1.29	2.02	2.48	2.68	2.78	2.85	2.89	2.93	2.97	3.03	3.06	3.09	3.10
1.87	0.00	0.00	0.00	1.12	1.95	2.41	2.61	2.71	2.78	2.82	2.86	2.90	2.96	2.99	3.02	3.03
1.88	0.00	0.00	0.00	1.06	1.88	2.34	2.54	2.64	2.71	2.75	2.79	2.83	2.89	2.92	2.95	2.96
1.89	0.00	0.00	0.00	0.99	1.81	2.28	2.47	2.57	2.64	2.69	2.72	2.77	2.83	2.85	2.88	2.90
1.90	0.00	0.00	0.00	0.93	1.75	2.21	2.40	2.51	2.57	2.62	2.65	2.70	2.76	2.79	2.82	2.84
1.91	0.00	0.00	0.00	0.87	1.68	2.14	2.34	2.44	2.51	2.56	2.59	2.63	2.69	2.72	2.75	2.77
1.92	0.00	0.00	0.00	0.81	1.62	2.08	2.27	2.38	2.45	2.49	2.52	2.57	2.63	2.66	2.69	2.70
1.93	0.00	0.00	0.00	0.76	1.56	2.02	2.21	2.32	2.38	2.43	2.46	2.51	2.57	2.60	2.62	2.64
1.94	0.00	0.00	0.00	0.70	1.50	1.96	2.15	2.25	2.32	2.37	2.40	2.45	2.51	2.54	2.56	2.58
1.95	0.00	0.00	0.00	0.65	1.44	1.90	2.09	2.19	2.26	2.31	2.34	2.39	2.45	2.48	2.50	2.52
1.96	0.00	0.00	0.00	0.60	1.38	1.84	2.03	2.14	2.20	2.25	2.28	2.33	2.39	2.42	2.44	2.46
1.97	0.00	0.00	0.00	0.56	1.33	1.78	1.97	2.08	2.14	2.19	2.22	2.27	2.33	2.36	2.39	2.40
1.98	0.00	0.00	0.00	0.51	1.27	1.73	1.92	2.02	2.09	2.13	2.17	2.21	2.27	2.30	2.33	2.34
1.99	0.00	0.00	0.00	0.47	1.22	1.67	1.86	1.97	2.03	2.08	2.11	2.16	2.22	2.25	2.27	2.29
2.00	0.00	0.00	0.00	0.43	1.17	1.62	1.81	1.91	1.98	2.03	2.06	2.10	2.16	2.19	2.22	2.23
2.01	0.00	0.00	0.00	0.39	1.12	1.57	1.76	1.86	1.93	1.97	2.01	2.05	2.11	2.14	2.17	2.18
2.02	0.00	0.00	0.00	0.36	1.07	1.52	1.71	1.81	1.87	1.92	1.95	2.00	2.06	2.09	2.11	2.13
2.03	0.00	0.00	0.00	0.32	1.03	1.47	1.66	1.76	1.82	1.87	1.90	1.95	2.01	2.04	2.06	2.08
2.04	0.00	0.00	0.00	0.29	0.98	1.42	1.61	1.71	1.77	1.82	1.85	1.90	1.96	1.99	2.01	2.03
2.05	0.00	0.00	0.00	0.26	0.94	1.37	1.56	1.66	1.73	1.77	1.80	1.85	1.91	1.94	1.96	1.98
2.06	0.00	0.00	0.00	0.23	0.90	1.33	1.51	1.61	1.68	1.72	1.76	1.80	1.86	1.89	1.92	1.93
2.07	0.00	0.00	0.00	0.21	0.86	1.28	1.47	1.57	1.63	1.68	1.71	1.76	1.81	1.84	1.87	1.88
2.08	0.00	0.00	0.00	0.18	0.82	1.24	1.42	1.52	1.59	1.63	1.66	1.71	1.77	1.79	1.82	1.84
2.09	0.00	0.00	0.00	0.16	0.78	1.20	1.38	1.48	1.54	1.59	1.62	1.66	1.72	1.75	1.78	1.79

TABLA 5 - B
 Tabla para la determinación del porcentaje estimativo de defectuosos del lote Método de la desviación normal.

u 6 1	Tamaño de la Muestra															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
2.10	0.00	0.00	0.00	0.14	0.74	1.16	1.34	1.44	1.50	1.54	1.58	1.62	1.68	1.71	1.73	1.75
2.11	0.00	0.00	0.00	0.12	0.71	1.12	1.30	1.39	1.46	1.50	1.53	1.58	1.63	1.66	1.69	1.70
2.12	0.00	0.00	0.00	0.10	0.67	1.08	1.26	1.35	1.42	1.46	1.49	1.54	1.59	1.62	1.65	1.66
2.13	0.00	0.00	0.00	0.08	0.64	1.04	1.22	1.31	1.38	1.42	1.45	1.50	1.55	1.58	1.61	1.62
2.14	0.00	0.00	0.00	0.07	0.61	1.00	1.18	1.28	1.34	1.38	1.41	1.46	1.51	1.54	1.57	1.58
2.15	0.00	0.00	0.00	0.06	0.58	0.97	1.14	1.24	1.30	1.34	1.37	1.42	1.47	1.50	1.53	1.54
2.16	0.00	0.00	0.00	0.05	0.55	0.93	1.10	1.20	1.26	1.30	1.34	1.38	1.43	1.46	1.49	1.50
2.17	0.00	0.00	0.00	0.04	0.52	0.90	1.07	1.16	1.22	1.27	1.30	1.34	1.40	1.42	1.45	1.46
2.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.49	0.87	1.03	1.13	1.19	1.23	1.26	1.30	1.36	1.39	1.41	1.42
2.19	0.00	0.00	0.00	0.02	0.46	0.83	1.00	1.09	1.15	1.20	1.23	1.27	1.32	1.35	1.38	1.39
2.20	0.000	0.000	0.000	0.015	0.437	0.803	0.968	1.061	1.120	1.161	1.192	1.233	1.287	1.314	1.340	1.352
2.21	0.000	0.000	0.000	0.010	0.413	0.772	0.936	1.028	1.087	1.128	1.158	1.199	1.253	1.279	1.305	1.318
2.22	0.000	0.000	0.000	0.006	0.389	0.743	0.905	0.996	1.054	1.095	1.125	1.166	1.219	1.245	1.271	1.283
2.23	0.000	0.000	0.000	0.003	0.366	0.715	0.875	0.965	1.023	1.063	1.093	1.134	1.186	1.212	1.238	1.250
2.24	0.000	0.000	0.000	0.002	0.345	0.687	0.845	0.935	0.992	1.032	1.061	1.102	1.154	1.180	1.205	1.218
2.25	0.000	0.000	0.000	0.001	0.324	0.660	0.815	0.905	0.962	1.002	1.031	1.071	1.123	1.148	1.173	1.186
2.26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.304	0.634	0.789	0.876	0.933	0.972	1.001	1.041	1.092	1.117	1.142	1.155
2.27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.285	0.609	0.762	0.848	0.904	0.943	0.972	1.011	1.062	1.087	1.112	1.124
2.28	0.000	0.000	0.000	0.000	0.267	0.585	0.735	0.821	0.876	0.915	0.943	0.982	1.033	1.058	1.082	1.094
2.29	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250	0.561	0.710	0.794	0.849	0.887	0.915	0.954	1.004	1.029	1.053	1.065
2.30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.233	0.538	0.685	0.769	0.823	0.861	0.888	0.927	0.977	1.001	1.025	1.037
2.31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.218	0.516	0.661	0.743	0.797	0.834	0.862	0.900	0.949	0.974	0.997	1.009
2.32	0.000	0.000	0.000	0.000	0.203	0.495	0.637	0.719	0.772	0.809	0.836	0.874	0.923	0.947	0.971	0.982
2.33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.189	0.474	0.614	0.695	0.748	0.784	0.811	0.848	0.897	0.921	0.944	0.956
2.34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.175	0.454	0.592	0.672	0.724	0.760	0.787	0.824	0.872	0.895	0.915	0.930
2.35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.163	0.435	0.571	0.650	0.701	0.736	0.763	0.799	0.847	0.870	0.893	0.905
2.36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.151	0.416	0.550	0.628	0.678	0.714	0.740	0.776	0.823	0.846	0.869	0.880
2.37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.139	0.398	0.530	0.606	0.656	0.691	0.717	0.753	0.799	0.822	0.845	0.856
2.38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.128	0.381	0.510	0.586	0.635	0.670	0.695	0.730	0.777	0.799	0.822	0.833
2.39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.118	0.364	0.491	0.566	0.614	0.648	0.674	0.709	0.756	0.777	0.800	0.811

TABL -B

Tabla para la determinación del porcentaje estimado de defectuosos del lote empleando el método de desviación normal.

Qu o q1	Tamaño de la muestra															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
2.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.069	0.130	0.171	0.200	0.230	0.236	0.258	0.288	0.302	0.317	0.325
2.71	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.064	0.124	0.164	0.192	0.212	0.227	0.249	0.278	0.293	0.307	0.315
2.72	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	0.118	0.157	0.184	0.204	0.219	0.241	0.269	0.283	0.298	0.305
2.73	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.057	0.112	0.151	0.177	0.197	0.211	0.232	0.260	0.274	0.288	0.296
2.74	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.107	0.144	0.170	0.189	0.204	0.224	0.252	0.266	0.279	0.285
2.75	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.102	0.138	0.163	0.182	0.196	0.216	0.243	0.257	0.271	0.277
2.76	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.097	0.132	0.157	0.175	0.189	0.209	0.235	0.249	0.262	0.269
2.77	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.092	0.126	0.151	0.168	0.182	0.201	0.227	0.241	0.254	0.260
2.78	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.087	0.121	0.145	0.162	0.175	0.194	0.220	0.233	0.246	0.252
2.79	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.083	0.115	0.139	0.156	0.169	0.187	0.212	0.225	0.238	0.244
2.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.079	0.110	0.133	0.150	0.162	0.181	0.205	0.218	0.230	0.237
2.81	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.075	0.105	0.128	0.144	0.156	0.174	0.198	0.211	0.223	0.229
2.82	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.071	0.101	0.122	0.138	0.150	0.168	0.192	0.204	0.216	0.222
2.83	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.067	0.096	0.117	0.133	0.145	0.162	0.185	0.197	0.209	0.215
2.84	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.064	0.092	0.112	0.128	0.139	0.156	0.179	0.190	0.202	0.208
2.85	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.060	0.088	0.108	0.122	0.134	0.150	0.173	0.184	0.195	0.201
2.86	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.057	0.084	0.103	0.118	0.129	0.145	0.167	0.178	0.189	0.195
2.87	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.054	0.080	0.099	0.113	0.124	0.139	0.161	0.172	0.183	0.188
2.88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.051	0.076	0.094	0.108	0.119	0.134	0.155	0.166	0.177	0.182
2.89	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.048	0.073	0.090	0.104	0.114	0.129	0.150	0.160	0.171	0.176
2.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.046	0.069	0.087	0.100	0.110	0.125	0.145	0.155	0.165	0.171
2.91	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.043	0.066	0.083	0.096	0.106	0.120	0.140	0.150	0.160	0.165
2.92	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.041	0.063	0.079	0.092	0.101	0.115	0.135	0.145	0.155	0.160
2.93	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.038	0.060	0.076	0.088	0.097	0.111	0.130	0.140	0.149	0.154
2.94	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.036	0.057	0.072	0.084	0.093	0.107	0.125	0.135	0.144	0.149
2.95	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.034	0.054	0.069	0.081	0.090	0.103	0.121	0.130	0.140	0.144
2.96	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.032	0.051	0.066	0.077	0.086	0.099	0.117	0.126	0.135	0.140
2.97	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.030	0.049	0.063	0.074	0.083	0.095	0.112	0.121	0.130	0.135
2.98	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.028	0.046	0.060	0.071	0.079	0.091	0.108	0.117	0.126	0.130
2.99	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.027	0.044	0.057	0.068	0.076	0.088	0.104	0.113	0.122	0.126



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LAS
OBRAS DE VIAS TERRESTRES**

Del 13 al 16 de agosto de 1996

MATERIAL COMPLEMENTARIO

Expositor: Ing. Julián L. Bravo Martínez

Palacio de Minería

1 9 9 6



SELECCIÓN DEL LIGANTE ASFÁLTICO SEGÚN SUPERPAVE

- 1. SELECCIONAR LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS MÁS PRÓXIMAS DEL LUGAR DEL PROYECTO**
- 2. SELECCIONAR EL NIVEL DE RIESGO DE DISEÑO PARA ALTAS Y BAJAS TEMPERATURAS**
- 3. ESTIMAR LAS TEMPERATURAS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO CORRESPONDIENTES, CON EL NIVEL DE RIESGO ADOPTADO**
- 4. DETERMINAR EL GRADO DE COMPORTAMIENTO (PG) MÍNIMO DEL LIGANTE QUE SATISFARÁ LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS ESTIMADAS Y**
- 5. AJUSTAR EL GRADO DE COMPORTAMIENTO MÍNIMO DEL LIGANTE SELECCIONADO DE ACUERDO CON EL TIPO DE TRÁNSITO ESPERADO**

ASPECTOS QUE SE ESTIMAN REPRESENTATIVOS DE LOS MUCHOS QUE COMPREDEN EL PROGRAMA SHRP

- **MEJORAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS PRODUCTOS ASFÁLTICOS.**
- **MÉTODOS MÁS EFECTIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.**
- **DURABILIDAD A LARGO PLAZO DE LOS PAVIMENTOS.**

EL PROGRAMA SE ENFOCÓ PRIMORDIALMENTE HACIA EL COMPORTAMIENTO CON OBJETO DE DESARROLLAR MEJORES ESPECIFICACIONES, MÉTODOS DE PRUEBA, NUEVOS MATERIALES Y EQUIPOS.

TEMPERATURAS DE DISEÑO

TEMPERATURA MÁXIMA.- ES LA TEMPERATURA PROMEDIO DE LOS 7 DÍAS DE MÁXIMA TEMPERATURA A 20 *mm* DE LA SUPERFICIE

TEMPERATURA MÍNIMA.- ES LA TEMPERATURA MÍNIMA DEL AIRE EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

LA ADOPCIÓN DE LA TEMPERATURA DE DISEÑO ESTÁ CONDICIONADA POR DOS PARÁMETROS:

- LA TEMPERATURA DEL AIRE DE LA REGIÓN CONSIDERADA
- EL NIVEL DE RIESGO A ADOPTAR

MECANISMOS DE FALLA CONSIDERADOS

DEFORMACIONES PERMANENTES ($G\delta/\text{sen } \delta$)
1.59Hz --- 80Km/h (10 radianes/seg) 60 segundos

FISURAMIENTO POR FATIGA ($G\delta.\text{sen } \delta$)

FISURAMIENTO TÉRMICO ($S_{(t)}$)

$S_{(t)}$ Módulo-Stiffness se define como la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación causada y varía con la temperatura y el tiempo de carga

m es la pendiente mínima de la curva carga-deformación a la rotura en el ensayo de Tensión Directa

ENVEJECIMIENTO ($G\delta/\text{sen } \delta$; $G\delta.\text{sen } \delta$; $S_{(t)}$ Y m)

Es el cambio que se produce en las propiedades físicas y químicas del asfalto cuando se somete a distintos procesos durante la elaboración, la colocación, compactación y posterior exposición a los agentes atmosféricos durante su vida en servicio. Los factores más importantes son la oxidación y la volatilización de varios de sus componentes

FALLA POR PRESENCIA DE HUMEDAD (afinidad del material pétreo)

CODIF.	ESTADO	CIUDAD	LATITUD	ALTURA	TIPO	PRODUCTO
			NORTE	SNIVEL DEL MAR		
1	AGUASCIENTES	AGUASCALIENTES	21° 53'	1,870	AC-10	PG 58-10
2	BAJA CALIFORNIA	MEXICALI TIJUANA	32° 38'	3	AC-30	PG 70-18
			32° 32'	152	AC-20	PG 84-10
3	BAJA CALIFORNIA SUR	LA PAZ	24° 10'	10	AC-20	PG 84-04
4	CAMPECHE	CAMPECHE	19° 51'	10	AC-20	PG 84-02
5	COAHUILA	SALTILLO TORREON PIEDRAS NEGRAS	25° 27'	1,520	AC-10	PG 84-10
			25° 33'	1,120	AC-30	PG 84-16
			28° 42'	220	AC-30	PG 84-22
6	COLIMA	COLIMA	19° 14'	495	AC-20	PG 84-02
7	CHIAPAS	SAN CRISTOBAL TAPACHULA TUXTLA GUTIERREZ	18° 45'	1,950	AC-10	PG 58-10
			14° 55'	571	AC-20	PG 84-02
			18° 45'	530	AC-20	PG 84-02
8	CHIHUAHUA	CD JUAREZ CHIHUAHUA MADERA	31° 44'	1,444	AC-30	PG 84-22
			28° 38'	1,440	AC-30	PG 84-22
			29° 10'	2,079	AC-05	PG 52-18
9	D.F.	AREA METROPOLITANA VIAS RAPIDAS DE ALTO TRANSITO	19° 15'	2,240	AC-10	PG 58-10
			19° 15'	2,240	AC-20	PG 58-10
10	DURANGO	DURANGO	24° 02'	1,900	AC-10	PG 58-10
11	GUANAJUATO	LEON IRAPUATO	21° 07'	1,809	AC-10	PG 58-10
			20° 41'	1,725	AC-20	PG 84-10
12	GUERRERO	ACAPULCO CHILPANCINGO	18° 50'	3	AC-20	PG 54-02
			17° 33'	1,360	AC-20	PG 84-04
13	HIDALGO	PACHUCA	20° 08'	2,600	AC-10	PG 58-10
14	JALISCO	GUADALAJARA PTO. VALLARTA	20° 41'	1,580	AC-20	PG 84-10
			20° 37'	2	AC-20	PG 84-02
15	MEXICO	TOLUCA	19° 17'	2,655	AC-05	PG 52-10
16	MICHOACAN	MORELIA	19° 42'	1,930	AC-10	PG 88-04
17	MORELOS	CUAUTLA CUERNAVACA	18° 49'	1,300	AC-20	PG 84-02
			18° 55'	1,500	AC-10	PG 52-04
18	NAYARIT	TEPIC	21° 31'	920	AC-10	PG 84-04
19	NUEVO LEON	MONTERREY	25° 41'	580	AC-30	PG 84-18
20	OAXACA	OAXACA	17° 04'	1,580	AC-10	PG 58-04
21	PUEBLA	PUEBLA TEHUACAN	58° 12'	2,182	AC-10	PG 58-18
			97° 23'	1,878	AC-20	PG 58-04
22	QUERETARO	QUERETARO	20° 38'	1,653	AC-10	PG 58-18
23	QUINTANA ROO	CHETUMAL	18° 30'	5	AC-20	PG 84-02
24	SAN LUIS POTOSI	SAN LUIS POTOSI CD. VALLES	22° 08'	1,870	AC-10	PG 58-18
			21° 58'	80	AC-20	PG 84-02
25	SINALOA	CULIACAN MAZATLAN MOCHIS	24° 48'	82	AC-20	PG 84-04
			23° 12'	3	AC-20	PG 84-02
			25° 47'	14	AC-30	PG 84-04
26	SONORA	CD. OBREGON HERMOSILLO	27° 30'	35	AC-30	PG 70-18
			29° 08'	200	AC-30	PG 70-18
27	TABASCO	VILLAHERMOSA	92° 57'	11	AC-20	PG 84-02
28	TAMAULIPAS	TAMPICO MATAMOROS LARIEO	22° 13'	10	AC-20	PG 84-02
			25° 53'	15	AC-20	PG 84-02
			27° 28'	188	AC-30	PG 84-18
29	TLAXCALA	TLAXCALA	19° 18'	2,240	AC-10	PG 58-18
30	VERACRUZ	VERACRUZ COATZACOALCOS JALAPA	19° 12'	16	AC-20	PG 84-02
			18° 09'	14	AC-20	PG 84-02
			19° 28'	1,425	AC-10	PG 52-04
31	YUCATAN	MERIDA	20° 58'	11	AC-20	PG 84-02
32	ZACATECAS	ZACATECAS	22° 48'	2,450	AC-10	PG 58-18

**Tabla 1. Especificaciones de Desarrollo Graduado para
Cemento Asfáltico**

Ligante Asfáltico Grado	PG 52		PG 58		PG 64				PG 70		PG 76			
	-10	-16	-04	-10	-16	+02	-04	-10	-16	-22	-10	-16	-10	-16
Promedio de 7 días, Temp. Max. Pav. Grados C° a Temperatura de diseño ^a	< 52°		< 58°		< 64°				< 70°		< 70°			
Temperatura mínima del pavimento, Grados C° a Temperatura de diseño ^a	>-10	>-16	>-04	>-10	>-16	>+02	>-04	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-10	>-16
Asfalto Original														
Punto de Inflamación, AASHTO T48, Mín. °C	230													
Viscosidad, ASTM 4402 ^b Máx. 3 Pas (3000cP) Temp. de ensaye, °C	135													
Módulo Complejo SHRP B.003, TP5 ^c G*/sin δ, Mín. 1.0 kPa Temp. de ensaye a 10 rad/sec., °C	52		58		64				70		76			
Después de prueba película delgada y aire de horno (T240) ó Pruebas de película delgada (T179)														
Perdida por calentamiento, Máx	1.00													
Módulo Complejo SHRP B.003, TP5 G*/sin δ, Mín. 2.2 kPa Temp. de ensaye a 10 rad/sec., °C	52		58		64				70		76			
Después de envejecimiento en vasija de presión temperatura y aire (PPI) (PAV)														
Temperatura de Envejecimiento "PAV," d	90		100		100				100		100			
Índice de endurecimiento físico, ^e	Reporte													
Módulo Complejo, SHRP B 003, TP5 G*/sin δ, Máx. 5000 kPa Temp. de ensaye a 10 rad/sec., °C	25	22	31	28	25	37	34	31	28	25	34	31	37	34
Creep Stiffness, SHRP B 002: TP1 ^f S, Máx. 300.000 kPa, valor mín de m 0.30 Temp. de ensaye a 60 sec °C	0	-6	+6	0	-6	+12	+6	0	-6	-12	0	-6	0	-6
Tensión Directa, SHRP B 006 TP3 ^f Deformación a rotura, Mín. 1% Temp. de ensaye a 1 mm/mín °C	0	-6	+6	0	-6	+12	+6	0	-6	-12	-0	-6	0	-6

- Las Temperaturas del pavimento pueden ser calculadas en función de la temperatura ambiente y la latitud del lugar usando el algoritmo provisto en el software del SUPERPAVE o bien pueden ser provistas por la agencia de carreteras y el procedimiento puede ser dado por PPX.
- Este requerimiento puede ser eliminado a criterio de la agencia de carreteras si el suministrante garantiza que el ligante asfáltico puede ser adecuadamente bombeado y mezclado a temperaturas razonables de seguridad.
- Para control de calidad de producción de asfaltos normales sin modificar, la viscosidad del cemento asfáltico original puede ser substituida la medida del módulo de corte G*/sin δ a la temperatura de ensaye, cuando el asfalto es líquido newtoniano. Una adecuada medida estándar de la viscosidad puede ser utilizada, incluyendo viscosidad capilar (AASHTO T-201 ó T202) o el viscosímetro rotacional Brookfield.
- La prueba de envejecimiento por temperatura PAV, es basada en condiciones simuladas del clima del lugar de utilización, a diferentes temperaturas 90°C, 100°C y 110°C. Se utiliza temperatura de 90°C para PG 58° ó menores, 100°C para PG 64 ó mayores, excepto en climas desérticos donde se debe utilizar 110°C.
- El endurecimiento físico del asfalto es desarrollado de acuerdo al número de muestras de viga de acuerdo a la sección 13.1 del TPI, excepto que las condiciones de tiempo se extienda a 24 horas ± 10 minutos a 10°C abajo de la temperatura de desarrollo de la prueba, el valor de rigidez a 26 horas y el valor - "m" son reportado para propósitos de información únicamente.
- Si el valor de rigidez a la deformación es menor de 300 MPa., el ensayo de tensión directa no es requiendo. Si el valor de rigidez a la deformación es entre 300 y 600 MPa. la prueba de tensión directa con deformación a la falla puede ser usada como requerimiento en conjunto con la prueba de rigidez a la deformación. El valor - "m" requerido debe ser satisfactorio en ambos casos.

ENSAYOS DE MÓDULO DINÁMICO

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA CON CARGAS REPETIDAS QUE CONSISTE EN SOLICITAR A UNA PROBETA CILÍNDRICA TIPO MARSHALL MEDIANTE LA ACCIÓN DE DOS FUERZAS PULSANTES APLICADAS A LO LARGO DE DOS GENERATRICES DIAMETRALMENTE OPUESTAS Y MEDIR LAS DEFORMACIONES RESULTANTES.

LA RELACIÓN ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES SE DEFINE COMO MÓDULO DINÁMICO (EDIN) PARA CADA CONDICIÓN DE TEMPERATURA Y FRECUENCIA DE ENSAYO.

CONDICIONES DE ENSAYO

RESISTENCIA DE LAS MEZCLAS MEDIDA CON EL ENSAYE DE ESTABILIDAD MARSHALL.

RESISTENCIA A LA ACCIÓN DEL AGUA, IDENTIFICADA POR UN AUMENTO O DISMINUCIÓN DE LA ADHERENCIA ASFALTO-AGREGADO, DETERMINADA CON EL ENSAYO DE ESTABILIDAD REMANENTE MARSHALL.

CARACTERÍSTICAS DE ADHESIVIDAD Y MENOR PROBABILIDAD DE EXUDACIÓN DEL LIGANTE DADO POR EL AUMENTO DE VISCOSIDAD (CON POLÍMEROS).

ENSAYE DE DUCTILIDAD A 5°C, QUE PERMITE DEDUCIR EL MENOR FISURAMIENTO A BAJAS TEMPERATURAS.

Las normas para asfaltos basadas en penetraciones o en viscosidades presentan las siguientes desventajas:

- Las propiedades fundamentales del asfalto, no incluyen medida que pueda relacionarse con su comportamiento en servicio.
- La viscosidad capilar medida a 60°C para el rango de altas temperaturas en servicio, no es adecuada para algunos asfaltos y asfaltos envejecidos, y menos aún para asfaltos modificados con polímeros.
- No existen parámetros basados en ensayos que puedan caracterizar las propiedades del asfalto a bajas temperaturas.
- La compatibilidad interna del asfalto se evalúa mediante el ensayo de ductilidad, el cual es poco confiable repetible, de resultado dudoso y no se puede relacionar con el comportamiento en servicio.
- La durabilidad del asfalto, se considera solamente como el envejecimiento a nivel de planta asfáltica pero nada se prescribe para el envejecimiento a largo plazo que se producirá en servicio.
- También se basan en el concepto de susceptibilidad térmica medida mediante el punto de ignición, PVN, o el VTS lo cual es erróneo pues ninguno de estos índices son capaces de tener en cuenta separadamente los efectos de temperatura y tiempo de carga.

La estrategia empleada por el SHRP a fin de obtener como producto final una especificación para asfaltos, que también sea válida para asfaltos modificados, asfaltos reciclado, soplados, oxidados, etc., fue la siguiente:

- Identificar los modos de falla más importantes de los pavimentos asfálticos, relacionándolos con las propiedades de los asfaltos.
- Identificar las propiedades más fundamentales de los asfaltos asociándolos con los modos críticos de falla en los pavimentos asfálticos.
- Identificar las temperaturas máximas y mínimas de diseño y tiempos de carga.
- Selección de métodos de ensayo que sean capaces de medir las propiedades fundamentales del asfalto.
- Selección de ensayos sustitutos cuando sea necesario para las especificaciones

Según SHRP sus nuevas especificaciones para ligantes asfálticos se pueden correlacionar con los principales modos de falla de un pavimento flexible, medidos bajo las condiciones de tránsito y ambientales reinantes en el lugar de la obra.

MECANISMOS DE FALLA CONSIDERADOS.

Los modos de falla que más preocupan al ingeniero que diseñan las mezclas asfálticas son:

- Fisuramiento térmico por contracción a bajas temperaturas.
- Fisuramiento por fatiga asociado con cargas dinámicas.
- Deformación plástica en las capas asfálticas superiores.
- Envejecimiento prematuro (stripping), y
- Daño por la presencia de agua

El único que no se consideró en la especificación para ligantes asfálticos fue el mencionado en último término, por ser el resultado de la interacción agregado-asfalto, pero si se tomó en cuenta en las especificaciones SHRP para mezclas asfálticas y SUPERPAVE™ (Mix Design Manual for New Construction and Overlays. SHRP Asphalt Research Program Final Report. Washington, D.C. 1993).

TEMPERATURAS DE DISEÑO CONSIDERADAS.

El efecto del clima se incorporó en las especificaciones desarrolladas por el SHRP, porque las condiciones ambientales tienen gran influencia en la temperatura de los pavimentos flexibles y por consiguiente en su comportamiento en servicio.

En la Universidad de Texas se creo un banco de datos, sobre el clima para los Estados Unidos y Canadá en base a ciertos parámetros seleccionados para ser utilizados en las especificaciones y en los modelos de predicción de comportamiento incluidos en SUPERPAVE™.

SHRP recomienda usar la temperatura mínima del pavimento en la selección del asfalto para resistir fractura a baja temperatura y la máxima temperatura del pavimento promedio de los 7 días seguidos de máximas temperatura durante el año a fin de evitar deformaciones permanentes.

Las temperaturas del aire mínima más baja está relacionada directamente con la temperatura del pavimento y la temperatura máxima de los 7 días seguidos de

máxima temperatura puede ser transformada en temperatura del pavimento a través de un algoritmo matemático.

En el banco de datos se registran diversos parámetros: la temperatura más baja registrada a lo largo de todo un periodo (por ejemplo 30 años), la media de todas las temperaturas más bajas (la suma de todas las temperaturas más bajas de cada año dividida por el número de años registrados), la mediana de las temperaturas más bajas, la desviación estándar de las mismas y el número de años.

La deformación permanente de un pavimento flexible parece ser que se correlaciona muy bien con la temperatura máxima del pavimento calculada como el promedio de los 7 días seguidos en que el pavimento alcanzó temperaturas máximas durante el periodo de registro.

ENSAYOS REOLOGICOS SELECCIONADOS.

El desarrollo de nuevas especificaciones que estuvieran relacionadas con el comportamiento en la carretera, requirió de la selección de aquellas propiedades físicas del asfalto que estuvieran estrechamente vinculadas con los modos de falla del pavimento.

Los ensayos seleccionados por SHRP miden propiedades reologicas del asfalto en la zona de altas temperaturas de elaboración del producto (mezclado, bombeo, compactación), a altas temperaturas de servicio y bajas temperaturas de servicio y sus designaciones de norma se indican en la siguiente tabla:

PROCEDIMIENTO	MIDE	NORMA	
Viscosímetro rotacional (RV)	Viscosidades a altas temperaturas	ASTM D-4402	
Reometro de corte dinámico (DSR)	G^* y δ a temperaturas altas e intermedias	SHRP B-003	AASHTO TP5
Reometro de flexión en viga (BBR)	$S(t)$ y m a bajas temperaturas	SHRP B-002	AASHTO TP1
Ensaye de Tensión Directa (DTT)	Deformación de rotura	SHRP B-006	AASHTO TP3
Ensaye de película delgada rolada (RTFOT)	Envejecimiento a corto plazo	ASTM D-2872	AASHTO T-240
Envejecimiento a Presión (PAV)	Envejecimiento a largo plazo	SHRP B-005	AASHTO PP1

Otros ensayos que se incluyen en las nuevas normas son: el punto de inflamación Cleveland (AASHTO T-48) por razones de seguridad y el de pérdida por calentamiento en el ensaye rotatorio de película delgada (ASTM D-2872) por razones de calidad.

Reometro de corte dinámico (Dynamic Shear Rheometer).

Este equipo permite medir el módulo complejo en corte (G^*) y el ángulo de fase (δ) a diferentes temperaturas y tiempos de carga, expresado éste último en radianes por segundo.

ENSAYOS DE MÓDULO DINÁMICO

Ensayo de tracción indirecta con cargas repetidas que consiste en solicitar a una probeta cilíndrica tipo Marshall mediante la acción de dos fuerzas pulsantes aplicadas a lo largo de dos generatrices diametralmente opuestas y medir las deformaciones resultantes.

La relación entre tensiones y deformaciones se define como Módulo Dinámico (E_{din}) para cada condición de temperatura y frecuencia de ensayo.

CONDICIONES DE ENSAYO

Resistencia de las mezclas medida con el ensayo de estabilidad Marshall.

Resistencia a la acción del agua, identificada por un aumento o disminución de la adherencia asfalto-agregado, determinada con el ensayo de estabilidad remanente Marshall.

Características de adhesividad y menor probabilidad de exudación del ligante dado por el aumento de viscosidad (con polímeros).

Ensayo de ductilidad a 5°C, que permite deducir el menor fisuramiento a bajas temperaturas.

ASPECTOS QUE SE ESTIMAN REPRESENTATIVOS DE LOS MUCHOS QUE COMPRENDEN EL PROGRAMA SHRP

- MEJORAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS PRODUCTOS ASFÁLTICOS.
- MÉTODOS MÁS EFECTIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.
- DURABILIDAD A LARGO PLAZO DE LOS PAVIMENTOS.

EL PROGRAMA SE ENFOCÓ PRIMORDIALMENTE HACIA EL COMPORTAMIENTO ENFOCADO HACIA EL DESARROLLO DE MEJORES ESPECIFICACIONES, MÉTODOS DE PRUEBA, NUEVOS MATERIALES Y EQUIPOS.

SUPERPAVE “SUPERIOR PERFORMING ASPHALT PAVEMENTS”

(PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE COMPORTAMIENTO SUPERIOR)

PARA ASEGURAR PAVIMENTOS MÁS DURABLES, DE MEJOR CALIDAD, CON AHORROS SIGNIFICATIVOS A LARGO PLAZO, EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS SE ORIENTA A EVITAR LO SIGUIENTE:

- FORMACIÓN DE RODERAS.
- GRIETAS POR FATIGA.
- GRIETAS DE CONTRACCIÓN POR BAJAS TEMPERATURAS.

CONSIDERACIONES GENERALES

- ENVEJECIMIENTO.
- SUSCEPTIBILIDAD A LA HUMEDAD.
- PÉRDIDA DE ADHERENCIA.

INCLUYE EFECTOS DEL MEDIO AMBIENTE TALES COMO:

- TEMPERATURA EN EL MEDIO AMBIENTE.
- GRADO DE SATURACIÓN EN EL MEDIO AMBIENTE.

ENSAYES REOLÓGICOS UTILIZADOS POR SHRP

Procedimiento	Mide	NORMA	
Viscosímetro Rotacional (RV)	viscosidades a altas temperaturas	ASTM D: 4402	
Dynamic Shear Rheometer	G^* y δ a temperaturas altas e intermedias	SHRP B-003	AASHTO TP5
Bending Beam Rheometer (BBR)	S (t) y m a bajas temperaturas	SHRP B-002	AASHTO TP1
Direct Tension (DTT)	deformación de rotura	SHRP B-006	AASHTO TP3
Rolling Thin Film Test (RTFOT)	envejecimiento a corto plazo	ASTM D 2872	AASHTO T-240
Pressure Aging Vessel (PAV)	envejecimiento a largo plazo	SHRP B-005	AASHTO PP1

SELECCIÓN DEL LIGANTE ASFÁLTICO SEGÚN SUPERPAVE

- 1. SELECCIONAR LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS MÁS PRÓXIMAS DEL LUGAR DEL PROYECTO**
- 2. SELECCIONAR EL NIVEL DE RIESGO DE DISEÑO PARA ALTAS Y BAJAS TEMPERATURAS**
- 3. ESTIMAR LAS TEMPERATURAS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO CORRESPONDIENTES, CON EL NIVEL DE RIESGO ADOPTADO**
- 4. DETERMINAR EL GRADO DE COMPORTAMIENTO (PG) MÍNIMO DEL LIGANTE QUE SATISFARÁ LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS ESTIMADAS Y**
- 5. AJUSTAR EL GRADO DE COMPORTAMIENTO MÍNIMO DEL LIGANTE SELECCIONADO DE ACUERDO CON EL TIPO DE TRÁNSITO ESPERADO**

SELECCIÓN DEL LIGANTE MÁS ADECUADO

ESTA SELECCIÓN SE PUEDE EFECTUAR POR TRES MÉTODOS DISTINTOS

1. SEGÚN LA GEOGRAFÍA DEL ÁREA CONSIDERADA, EN MAPAS DONDE SE HAN GRAFICADO LAS TEMPERATURAS DE CADA REGIÓN
2. SEGÚN LA TEMPERATURA DEL PAVIMENTO, EN QUE LA SELECCIÓN DEL LIGANTE SE HACE EN FUNCIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE DISEÑO
3. SEGÚN LA TEMPERATURA DEL AIRE.- CON ESTE DATO SE ENTRA A UNA GRÁFICA PARA OBTENER LA TEMPERATURA DEL PAVIMENTO DE DISEÑO

TEMPERATURAS DE DISEÑO

TEMPERATURA MÁXIMA.- ES LA TEMPERATURA PROMEDIO DE LOS 7 DÍAS DE MÁXIMA TEMPERATURA A 20 *mm* DE LA SUPERFICIE

TEMPERATURA MÍNIMA.- ES LA TEMPERATURA MÍNIMA DEL AIRE EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

LA ADOPCIÓN DE LA TEMPERATURA DE DISEÑO ESTÁ CONDICIONADA POR DOS PARÁMETROS:

- LA TEMPERATURA DEL AIRE DE LA REGIÓN CONSIDERADA
- EL NIVEL DE RIESGO A ADOPTAR

MECANISMOS DE FALLA CONSIDERADOS

DEFORMACIONES PERMANENTES ($G\delta/\text{sen } \delta$)
1.59Hz --- 80Km/h (10 radianes/seg) 60 segundos

FISURAMIENTO POR FATIGA ($G\delta.\text{sen } \delta$)

FISURAMIENTO TÉRMICO ($S_{(t)}$)

$S_{(t)}$ Módulo-Stiffness se define como la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación causada y varía con la temperatura y el tiempo de carga
 m es la pendiente mínima de la curva carga-deformación a la rotura en el ensayo de Tensión Directa

ENVEJECIMIENTO ($G\delta/\text{sen } \delta$; $G\delta.\text{sen } \delta$; $S_{(t)}$ Y m)

Es el cambio que se produce en las propiedades físicas y químicas del asfalto cuando se somete a distintos procesos durante la elaboración, la colocación, compactación y posterior exposición a los agentes atmosféricos durante su vida en servicio. Los factores más importantes son la oxidación y la volatilización de varios de sus componentes

FALLA POR PRESENCIA DE HUMEDAD (afinidad del material pétreo)

G MÓDULO COMPLEJO EN CORTE.- SE DEFINE COMO LA RELACIÓN ENTRE LA TENSIÓN DE CORTE EN OSCILACIÓN APLICADA EN VALOR ABSOLUTO, SOBRE LA DEFORMACIÓN ANGULAR MEDIDA COMO CONSECUENCIA DE ESA CARGA EN VALOR ABSOLUTA

δ ÁNGULO DE DESFASAMIENTO ENTRE EL TORQUE APLICADO Y LA DEFORMACIÓN ANGULAR

$$G\delta = G' + G''$$

G' *STORAGE MODULUS*.- MÓDULO DE RETENCIÓN DE ENERGÍA DE DEFORMACIÓN (ELÁSTICA Y ELASTORETARDADA)

G'' *LOSS MODULUS*.- MÓDULO DE PÉRDIDA DE ENERGÍA, QUE ES LA ENERGÍA PERDIDA EN FORMA DE CALOR DURANTE EL PROCESO DE DEFORMACIÓN

EQUIVALENCIAS DE VISCOSIDAD CINEMÁTICA, SAYBOLT UNIVERSAL, SAYBOLT FUROL Y ABSOLUTA.

La relación empírica entre la Viscosidad Universal y la Viscosidad Saybolt Furol a 100°F y 122°F respectivamente y Viscosidad Cinemática, se toma de la norma ASTM D2161-63T.

A otras temperaturas, las Viscosidades Saybolt varían únicamente como sigue:

Viscosidades sobre las que se obtienen con las siguientes relaciones:

Saybolt Universal (segundos) = Centistokes X 4.6347

Saybolt Furol (segundos) = Centistokes X 0.4717

Problema 1.- Determine la Viscosidad Absoluta de un aceite que tiene una Viscosidad Cinemática de 82 Centistokes y un peso específico de 0.83

Solución 1.- Una el valor 82 de la escala de Viscosidad Cinemática con el 0.83 del peso específico; lea 67 Centipoises en la intersección con la escala de Viscosidad Absoluta.

Problema 2.- Determine la Viscosidad Absoluta de un aceite que tiene un peso específico de 0.83 y una Viscosidad Saybolt Furol de 40 segundos.

Solución 2.- Una el valor de 0.83 de la escala del peso específico con el de 40 segundos de la escala Saybolt Furol; lea 67 Centipoises en la intersección en la escala de Viscosidad Absoluta.

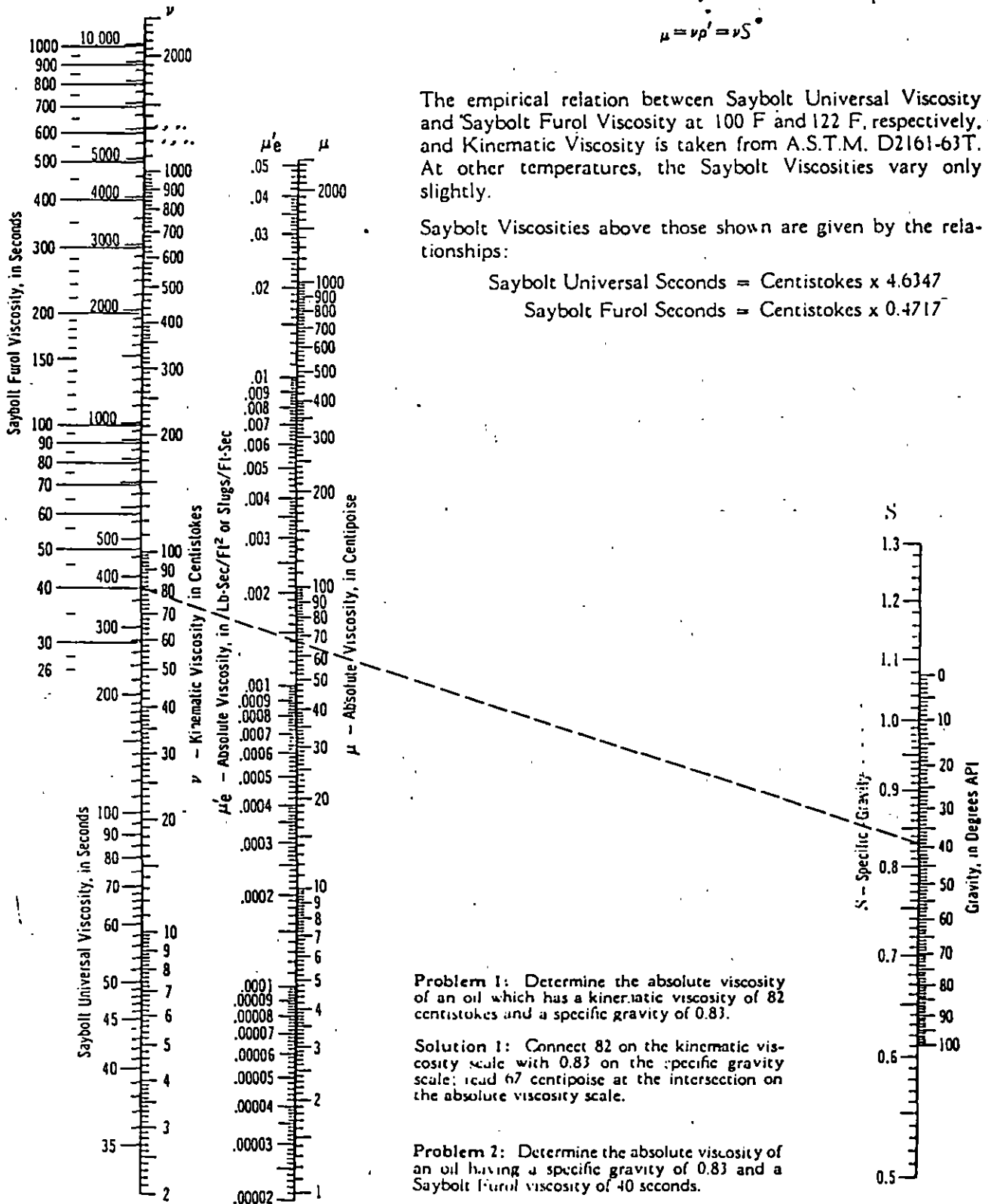
μ .- Viscosidad Absoluta, en Centipoises.

V.- Viscosidad Cinemática, en Centistokes.

s.- Peso Específico.

Equivalents of Kinematic, Saybolt Universal, Saybolt Furol, and Absolute Viscosity

$$\mu = \nu \rho = \nu S$$



The empirical relation between Saybolt Universal Viscosity and Saybolt Furol Viscosity at 100 F and 122 F, respectively, and Kinematic Viscosity is taken from A.S.T.M. D2161-63T. At other temperatures, the Saybolt Viscosities vary only slightly.

Saybolt Viscosities above those shown are given by the relationships:

$$\text{Saybolt Universal Seconds} = \text{Centistokes} \times 4.6347$$

$$\text{Saybolt Furol Seconds} = \text{Centistokes} \times 0.4717$$

Problem 1: Determine the absolute viscosity of an oil which has a kinematic viscosity of 82 centistokes and a specific gravity of 0.83.

Solution 1: Connect 82 on the kinematic viscosity scale with 0.83 on the specific gravity scale; read 67 centipoise at the intersection on the absolute viscosity scale.

Problem 2: Determine the absolute viscosity of an oil having a specific gravity of 0.83 and a Saybolt Furol viscosity of 40 seconds.

Solution 2: Connect 0.83 on the specific gravity scale with 10 seconds on the Saybolt Furol scale; read 67 centipoise at the intersection on the absolute viscosity scale.

VISCOSIDAD Se define como la resistencia que presenta un material a ser deformado, en función de la velocidad de aplicación de una carga, y se debe al rozamiento o fricción interna de sus moléculas.

La unidad de **Viscosidad Dinámica o Absoluta**, en el sistema C.G.S. es el **Poise**, definido como:

$$1 \frac{\text{dina} \times \text{segundo}}{\text{centímetro}} \quad ; \quad \frac{\text{fuerza} \times \text{tiempo}}{\text{longitud}}$$

Para Viscosidades muy pequeñas, se emplea como unidad el **Centipoise o Micropoise**, equivalentes a una centésima y a una millonésima parte del **Poise**, respectivamente.

La **Viscosidad Cinemática** de un líquido se define como el cociente de su **Viscosidad Dinámica** entre su **Peso Específico**.

En el sistema C.G.S., la unidad de Viscosidad Cinemática es el **Estokes**, equivalente a:

$$1 \frac{\text{cm}^2}{\text{segundo}} \quad \frac{(\text{longitud})^2}{\text{tiempo}}$$

Frecuentemente se emplea el **Centistokes**, que es igual a la centésima parte del **Stokes**.

$$\text{dina} = 10^{-5} \text{ newton}$$

$$\text{dina} = 1.0197 \times 10^{-3} \text{ gramos fuerza}$$

$$1 \text{ gramo fuerza} = 980,665 \text{ dinas} = 980,665 \times 10^{-5} \text{ newtons}$$

$$1 \text{ newton} = 0.101970 \text{ Kg f (kilogramos fuerza)}$$

TABLE VII-4 AGGREGATES FOR OPEN-GRADED EMULSION MIXES

Sieve Size	Base		Surface
	Coarse	Medium	Fine
38.1 mm (1-1/2 in.)	100		
25.0 mm (1 in.)	95 - 100	100	
19.0 mm (3/4 in.)		90 - 100	
12.5 mm (1/2 in.)	25 - 60		100
9.5 mm (3/8 in.)		20 - 55	85 - 100
4.75 mm (No. 4)	0 - 10	0 - 10	
2.36 mm (No. 8)	0 - 5	0 - 5	
1.18 mm (No. 16)			0 - 5
75 μ m (No. 200)	0 - 2	0 - 2	0 - 2
Los Angeles Abrasion loss @ 500 Rev. (ASTM C 131) Percent Crushed Faces	40 max 65 min	40 max 65 min	40 max 65 min
Emulsified Asphalt Grades	MS-2, MS-2h, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, CMS-2 or CMS-2h		

TABLE VII-6 SAND-EMULSION MIXES

Sieve Size	Total Percent Passing		
	Poorly-Graded	Well-Graded	Silty Sands
12.5mm (1/2 in.)	100	100	100
4.75mm (No. 4)	75 - 100	75 - 100	75 - 100
300 μ m (No. 50)	—	15 - 30	—
150 μ m (No. 100)	—	—	15 - 65
75 μ m (No. 200)	0 - 12	5 - 12	12 - 20
Sand Equivalent, percent	30 min.	30 min.	30 min.
Plasticity Index	NP	NP	NP

CRITERIOS DE MUESTREO Y PRUEBAS DE CALIDAD PARA LA EVALUACIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS

USO	ESTUDIO PRELIMINAR DE BANCO			ESTUDIO DEFINITIVO DE BANCO			CONTROL DE CALIDAD			VERIFICACIÓN DE CALIDAD			EVALUACIÓN DE OBRAS EN OPERACIÓN		
	TAMANO MUESTRA	FRECUENCIA MUESTREO	PRUEBAS POR MUESTRA	TAMANO MUESTRA	FRECUENCIA MUESTREO	PRUEBAS POR MUESTRA	TAMANO MUESTRA	FRECUENCIA MUESTREO	PRUEBAS POR MUESTRA	TAMANO MUESTRA	FRECUENCIA MUESTREO	PRUEBAS POR MUESTRA	TAMANO MUESTRA	FRECUENCIA MUESTREO	PRUEBAS POR MUESTRA
MEZCLA DE ASFALTO PARA CARRETERAS Y SEÑALAMIENTO	25 kg	1 POR CADA 2000 m ³	GRANULOMET. E. DE ARENA. DESGASTE DE LOS ANGELES	50 kg	1 POR CADA 2000 m ³	GRANULOMET. P.V.S.S. ABSORCIÓN DENSIDAD E. DE ARENA. DESGASTE DE LOS ANGELES F. DE LA PART. AFINIDAD CON EN ASFALTO INTEMPERISMO ACELER.	25 kg	1 POR CADA 150 m ³ EN BANCO, EN PLANTA DE PRODUCCIÓN O ALMACENADO. 10 1 POR CADA 100 m ³ PARA MAT. ACAMELLONADO	GRANULOMET. E. DE ARENA F. DE LA PART.	25 kg	1 POR CADA 450 m ³ ALMACENADO O ACAMELLONADO	GRANULOMET. ABSORCIÓN DENSIDAD E. DE ARENA F. DE LA PART. DESGASTE DE LOS ANGELES AFINIDAD CON ASFALTO			
							30-80				50-100				100
											100				
							30-100								

ESTOS CRITERIOS SON PARA USO REFERENCIAL Y DEBE SER CONSULTADO EL DISEÑO DE LA OBRA PARA DETERMINAR LOS REQUISITOS ESPECÍFICOS DE CADA OBRA.

TABLE VI-5 AGGREGATES FOR EMULSIFIED DENSE-GRADED ASPHALT MIXTURES

Sieve Size		Semi-Processed Crusher, Pit or Bank Run	Processed Dense-Graded Asphalt Mixtures					
USA Standard	Alternative							
50mm	(2 in.)	—	100	—	—	—	—	
37.5 mm	(1-1/2 in.)	100	90-100	100	—	—	—	
25.0mm	(1 in.)	60-100	—	90-100	100	—	—	
19.0mm	(3/4 in.)	—	60-80	—	90-100	100	—	
12.5mm	(1/2 in.)	—	—	60-80	—	90-100	100	
9.5mm	(3/8 in.)	—	—	—	60-80	—	90-100	
4.75mm	(No. 4)	25-65	20-65	25-60	35-65	45-70	60-80	
2.36mm	(No. 8)	—	10-40	15-45	20-50	25-55	35-65	
1.18mm	(No. 16)	—	—	—	—	—	—	
600µm	(No. 30)	—	—	—	—	—	—	
300µm	(No. 50)	—	2-16	3-18	3-20	5-20	6-25	
150µm	(No. 100)	—	—	—	—	—	—	
75µm	(No. 200)	3-15	0-5	1-7	2-8	2-9	2-10	
Sand Equivalent, Percent		30 min.	35 min.	35 min.	35 min.	35 min.	35 min.	
Los Angeles Rattler @ 500 Revolutions		—	40 max.	40 max.	40 max.	40 max.	40 max.	
Percent Crushed Faces		—	65 min.	65 min.	65 min.	65 min.	65 min.	
Emulsified Asphalt		See Tables II-1 and II-2						