

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“Guía para el control y el aseguramiento de la  
calidad de construcción de pavimentos flexibles  
elaborados con mezclas asfálticas en caliente en  
El Salvador”**

**PRESENTADO POR:  
ANGEL LEONIDAS ANTONIO MALDONADO MERINO**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2006**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTORA :  
**DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ**

SECRETARIA GENERAL :  
**LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO :  
**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

SECRETARIO :  
**ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CML**

DIRECTOR :  
**ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO CIVIL**

Título :

**“Guía para el control y el aseguramiento de la calidad de construcción de pavimentos flexibles elaborados con mezclas asfálticas en caliente en El Salvador”**

Presentado por :

**ANGEL LEONIDAS ANTONIO MALDONADO MERINO**

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docentes Directores :

**Ing. Dilber Antonio Sánchez Vides**

**Ing. Mauricio Ernesto Valencia**

**Ing. César Adolfo Carrillo Vásquez**

San Salvador, Julio de 2006

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

**Ing. Dilber Antonio Sánchez Vides**

**Ing. Mauricio Ernesto Valencia**

**Ing. César Adolfo Carrillo Vásquez**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecimientos a **Dios Todopoderoso** por haberme guiado e iluminado en este camino y permitirme alcanzar esta meta.

Al Alma Mater, por influir en mi formación como profesional, transmitiendo a través de los profesores sus conocimientos, experiencia y ética.

A mis asesores: Ing. Dilver, Ing. Valencia, Ing. Carrillo; ya que fueron quienes me han dirigido en la realización de este proyecto, ayudándome desinteresadamente a llegar hasta el final.

Al Ministerio de Obras Públicas (MOP) y las siguientes unidades que forman parte de el: Unidad de Investigación y Desarrollo Vial (UIDV), Unidad de Planificación Vial (UPV), y Dirección de Inversión Vial (DIV). Además a las empresas: Consultora Técnica S.A. (CONTECSA), Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) y SIMAN Constructora, por haberme brindado su apoyo incondicional, a todas las personas que laboran en ellas y que me apoyaron; infinitamente gracias, sin ustedes muchos de los logros obtenidos con la investigación no hubiesen sido posibles.

A mis familiares, amigos y profesores partícipes de este logro alcanzado, especialmente al Ing. Raúl Andrade Cruz (Q. D.D.G.).

**Angel.**

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso y a la Virgen María por protegerme, y ser mi guía espiritual durante toda mi vida, y por haberme ayudado e iluminado para culminar mi carrera con éxito.

A mis padres, Jorge Maldonado y especialmente a mi madrecita Deysi Merino por su gran esfuerzo y sacrificio ¡**GRACIAS MAMA!**; y por que ambos me han brindado su apoyo y comprensión incondicional.

A mi querida novia por comprenderme y apoyarme en todo momento durante el desarrollo de mi carrera y el presente Trabajo de Graduación, Gracias mi amor.

A todos mis familiares, especialmente a Carmen Merino, Margoth Merino y Kelly Merino por estar en la disposición de escucharme y ayudarme en todo momento.

A mis hermanos y mi sobrina, por brindarme su comprensión y apoyo; por creer en mí y en mis sueños.

A las familias Cortez-Vaquerano y Sánchez-Pacheco, por brindarme su amistad, consejo y apoyarme en todo momento.

A mis amigos de la Universidad: Guillermo Portillo, Ricardo Montez, Raúl Alvarenga, Jorge Morales, Alejandra Turcios, Carlos Valle, Hugo Henríquez, Nicolás Guevara, Jonathan Ortega, Luis Franco, Giovanni Gómez, Carlos Funes, Marcos Oviedo, Martha Márquez, Osiris Contreras, Patricia Clará, René Montano, Nelly Miranda, Laura Castaneda, José Luis, Luis Chipagua, Jorge Fajardo, Ronald de la Cruz y todos aquellos que me apoyaron durante toda mi carrera y que de alguna manera contribuyeron en la realización de este trabajo. Y a todos mis amigos, amigas y familiares por creer en mí y por ser parte de mi formación profesional.

Durante el desarrollo de sus vidas las personas aprenden a valorar sus logros y con ello a las personas que se encuentran a su alrededor, y al final se dan cuenta que el mayor logro es la amistad de las personas que lo han apoyado.

**MUCHAS GRACIAS A TODOS!!!**

**Angel**

## *INDICE*

<b>I – INTRODUCCION .....</b>	<b><i>i</i></b>
-------------------------------	-----------------

### **CAPITULO I**

#### **“GENERALIDADES”**

<b>1.1 – ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1.1 – El Pavimento.....	1
1.1.2 – La Calidad.....	10
<b>1.2 – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.3 – JUSTIFICACIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4 – OBJETIVOS .....</b>	<b>21</b>
1.4.1 – OBJETIVO GENERAL.....	21
1.4.2 – OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
<b>1.5 – ALCANCES Y LIMITACIONES.....</b>	<b>23</b>
1.5.1 – Alcances .....	23
1.5.2 - Limitaciones.....	24
<b>1.6 – CALIDAD.....</b>	<b>25</b>
<b>1.7 – CONTROL DE LA CALIDAD .....</b>	<b>29</b>
<b>1.8 – ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD .....</b>	<b>31</b>
<b>1.9 – GESTION DE LA CALIDAD.....</b>	<b>34</b>

### **CAPITULO II**

#### **“CONTROL DE LA CALIDAD”**

<b>2.1 – INTRODUCCION.....</b>	<b>38</b>
2.1.1 – Industria .....	39
2.1.2 – Construcción como Industria .....	40
2.1.3 – Definición de Plan de Control de la Calidad. ....	42
2.1.3.1 – Objetivo del plan de control.....	43
2.1.3.2 – Alcance del plan de control .....	45
2.1.3.3 – Quien realiza el control de la calidad .....	46
2.1.4 – Metodologías Acerca de la Calidad .....	56
2.1.5 – Definición de Proceso Constructivo.....	60

<b>2.2 – DESCRIPCION DEL PRODUCTO .....</b>	<b>62</b>
2.2.1 – Pavimento Definición .....	62
2.2.2 – Pavimentos Flexibles .....	63
<b>2.3 – ESPECIFICACIONES Y NORMAS TECNICAS .....</b>	<b>68</b>
<b>2.4 – CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD .....</b>	<b>72</b>
2.4.1 – Obtención de Información .....	73
2.4.2 – Métodos de Muestreo .....	75
2.4.2.1 – Tipos de muestreo aleatorio .....	77
2.4.2.2 – Especificaciones de Muestreo .....	81
2.4.3 – Instrumentos de Análisis de Resultados para el Control de la Calidad .....	83
2.4.3.1 – Medidas de tendencia central .....	83
2.4.3.2 – Medidas de dispersión o variabilidad .....	83
2.4.3.3 – Histograma .....	85
2.4.3.4 – Estratificación .....	89
2.4.3.5 – Diagrama de Pareto .....	92
2.4.3.6 – Hoja de verificación .....	96
2.4.3.7 – Diagrama de Ishikawa (de causa-efecto) .....	99
2.4.3.8 – Diagrama de flujo .....	104
2.4.3.9 – Cartas o Diagramas de control .....	106
<b>2.5 – MAQUINARIA Y EQUIPO .....</b>	<b>115</b>
2.5.1 – Maquinaria .....	115
2.5.1.1 – Características de la maquinaria .....	116
2.5.1.2 – Factores que afectan a la maquinaria .....	123
2.5.2 – Equipo .....	142
2.5.2.1 – Descripción del equipo .....	143
2.5.2.2 – Factores que afectan al equipo .....	145
<b>2.6 – CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES .....</b>	<b>150</b>
2.6.1 – Características de los Materiales .....	151
2.6.1.1 – MATERIALES ASFALTICOS .....	153
2.6.1.2 – AGREGADOS .....	158
2.6.1.3 – CEMENTO .....	162
2.6.1.4 – AGUA .....	162
2.6.2 – Condiciones de Control de los Materiales .....	163
2.6.3 – Factores que Afectan a los Materiales .....	169
<b>2.7 – CONTROL DE LA CALIDAD DEL METODO DE CONSTRUCCION ....</b>	<b>171</b>



2.7.1 – Composición del Método o Procedimiento. ....	172
2.7.2 – Procedimientos para la Construcción. ....	173
2.7.2.1 – Sub-base o Base granular .....	175
2.7.2.2 – Sub-base o Base estabilizada con cemento .....	176
2.7.2.3 – Base tratada con asfalto .....	177
2.7.2.4 – Riego de imprimación .....	178
2.7.2.5 – Carpeta de mezcla asfáltica en caliente.....	178
2.7.3 – Forma de Control Previo al Procedimiento de Construcción. ....	180
2.7.4 – Forma de Control en el Procedimiento de Construcción. ....	183
2.7.5 – Variabilidad en el desarrollo del procedimiento. ....	192
<b>2.8 – CONSIDERACIONES CLIMATOLÓGICAS .....</b>	<b>195</b>
2.8.1 – Especificaciones Existentes Relacionadas con Aspectos Climatológicos....	196
2.8.2 – Factores climatológicos que afectan la construcción de un pavimento flexible.....	197
<b>2.9 – CONTROL DE DESEMPEÑO HUMANO .....</b>	<b>199</b>
2.9.1 – Consideraciones acerca del Personal. ....	199
2.9.2 – Formas de control.....	201
2.9.3 – Factores que influyen en el personal.....	203
<b>2.10 – CALIDAD FINAL DEL PRODUCTO.....</b>	<b>206</b>
2.10.1 – Especificaciones de verificación final.....	206
2.10.2 – Consideraciones finales acerca del pavimento.....	209
<b>2.11 – LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES .....</b>	<b>210</b>
2.11.1 – Del ensayo a realizar. ....	212
2.11.2 – Obtención de la muestra (muestreo) .....	213
2.11.3 – Apuntes.....	213
2.11.4 – Desarrollo de la prueba .....	213
2.11.5 – Obtención de los resultados .....	214
2.11.6 – Presentación y archivo de los resultados .....	215
2.11.7 – Resumen. ....	215
<b>2.12 – NO CONFORMIDADES.....</b>	<b>217</b>
2.12.1 – Acciones Preventivas (AP) .....	220
2.12.2 – Acciones Correctoras (AC).....	221
<b>2.13 – PROPUESTA DE PLAN DE CONTROL DE LA CALIDAD.....</b>	<b>223</b>

### CAPITULO III

#### “ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD”

<b>3.1 – INTRODUCCION .....</b>	<b>235</b>
3.1.1 – Supervisión como Industria.....	235
3.1.2 – Composición del aseguramiento de la calidad .....	236
3.1.3 – Aspecto del aseguramiento correspondiente a la supervisión.....	240
3.1.4 – Personal encargado de la aceptación.....	241
3.1.5 – Plan de Contraste para Aceptación de la Calidad. ....	245
3.1.6 – Aseguramiento independiente. ....	246
3.1.7 – Auditoria de la Calidad.....	246
<b>3.2 – DESCRIPCION DEL PRODUCTO .....</b>	<b>250</b>
3.2.1 – Requisitos del Cliente .....	250
<b>3.3 – NORMAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS .....</b>	<b>253</b>
<b>3.4 – LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES .....</b>	<b>256</b>
3.4.1 – Ensayos de aceptación.....	257
3.4.2 – Evaluación del laboratorio del contratista .....	258
3.4.3 – Aspectos que debe evaluar el supervisor .....	259
<b>3.5 – INSPECCION DE OBRA .....</b>	<b>260</b>
3.5.1 – Equipo.....	265
3.5.2 – Formas de inspección.....	266
3.5.3 – Documentos.....	267
<b>3.6 – TOPOGRAFÍA Y GEOMETRÍA DEL PROYECTO.....</b>	<b>269</b>
<b>3.7 – CONTROL DE MEDICIÓN .....</b>	<b>270</b>
3.7.1 – La calidad de las mediciones.....	271
<b>3.8 – NO CONFORMIDAD .....</b>	<b>274</b>
<b>3.9 – PROPUESTA DE PLAN DE ACEPTACION DE LA CALIDAD.....</b>	<b>276</b>

### CAPITULO IV

#### “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”

<b>4.1 – CONCLUSIONES.....</b>	<b>285</b>
<b>4.2 – RECOMENDACIONES.....</b>	<b>288</b>

**BIBLIOGRAFIA..... 290**

**ANEXOS.....**

# INTRODUCCION

## **I – INTRODUCCION**

La siguiente investigación, tiene como objetivo servir de documento guía o referencia bibliográfica, en la realización del control y el aseguramiento de la calidad, en la construcción de pavimentos flexibles elaborados con mezclas asfálticas en caliente; específicamente durante la construcción de la estructura del pavimento, excluyendo todos aquellos aspectos y obras complementarias, que no son consideradas como partes de la estructura, propiamente dicha, del pavimento.

Además pretende, servir como documento introductorio al área de la calidad en la construcción, específicamente de carreteras. Mostrando las ideas básicas a cerca de la calidad.

La presente investigación consta de cuatro capítulos, en los cuales se ha querido englobar, los aspectos más importantes del sistema de calidad, implantado actualmente, en el país.

### **Capítulo I “GENERALIDADES”**

Este capítulo inicia con una reseña histórica acerca del pavimento. Luego se da a conocer el planteamiento del problema así como el motivo por el cual se ha realizado la investigación (su Justificación), además se mencionan los objetivos que se pretenden alcanzar al finalizar su desarrollo. Finalizando con una introducción a los términos básicos de la calidad, donde se mencionan y explican los términos que serán la base del estudio.

### **Capítulo II “CONTROL DE LA CALIDAD”**

En el se explican de manera detallada los aspectos relacionados con el control de la calidad, que es la parte del sistema de la calidad que debe desarrollar el contratista, entre los aspectos que podemos mencionar se encuentran: las variables que influyen en la construcción del pavimento y por consiguiente en

su calidad además de su estudio, algunos métodos de análisis de datos, las especificaciones y normas para ejercer el control de la calidad, finalizando en la proposición y elaboración de la estructura del plan de control de la calidad que puede ser implementado en el desarrollo de un proyecto de pavimentación.

### **Capítulo III “ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD”**

En el se explican los aspectos relacionados con el aseguramiento de la calidad, que en la actualidad, es vinculado con la supervisión en la realización de un proyecto. Además se muestra el sistema de calidad propuesto por “AASHTO” y “FHWA” (expresado en el handbook asphalt 2000), haciendo una comparación con el sistema actual y basada en los conceptos expresados en el capítulo I. Durante el desarrollo de este capítulo, se exponen los aspectos que influyen en el proceso del trabajo de supervisión y de los cuales se formula la propuesta de la estructura del plan de aceptación de la calidad, contenido como ultimo punto del capítulo.

### **Capítulo IV “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”**

Contiene, la parte fundamental del trabajo, donde se muestran las conclusiones obtenidas del desarrollo de la investigación, así como recomendaciones acerca de los aspectos estudiados, para realizar un trabajo más efectivo con respecto a la calidad en la construcción de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente.

*CAPITULO I*  
*GENERALIDADES*

## 1.1 – ANTECEDENTES

### 1.1.1 – *El Pavimento*

Desde el pasado la comunicación entre poblaciones ha sido un aspecto importante en las grandes civilizaciones de la antigüedad, la primer noticia acerca de la existencia de un camino importante fue documentada por Herodoto, este cuenta que hacia, más o menos el año 3000 antes de la era cristiana el rey Keops construyó un camino destinado al transporte de los materiales que eran utilizados para la construcción de las pirámides, era enlosado con piedras toscamente labradas de gran tamaño.

Se sabe que en Babilonia, cuatro caminos importantes partían de la capital uno de ellos con 400 kilómetros de longitud. También en Grecia los caminos eran de gran importancia para transportarse de un punto a otro, aquí se utilizaba el asfalto como material de pavimentación; este sirvió para unir y sellar las losas de la Vía Sacra (figura 1 – 1).



*Figura 1 – 1*

*Vía sacra: este fue un importante camino ubicado en Grecia antigua ya que era muy utilizado por sus habitantes, dicho camino pasaba por lugares visitados frecuentemente por ellos como el “oráculo de delfos”, “el capitoline”, entre otros.*



Con el paso del tiempo, la humanidad de la edad antigua llega a un máximo de civilización. Es en este período donde se encuentra el sistema de comunicaciones más perfecto de esa época, este es el ideado y construido por el imperio romano; asombra contemplar como aquellos hombres llegaron a concebir y realizar una inmensa red de calzadas que unían la metrópoli con los extremos más apartados del mundo entonces conocido. La grandeza de estas construcciones se puede observar hoy en día, por medio de vías que todavía se conservan, tal es el caso de la vía Apia que fue la principal vía hacia el Sur del imperio (figura 1 – 2). Puede decirse que Roma alcanzó el mayor desarrollo en el servicio de comunicaciones teniendo en cuenta los medios de aquella época.



*Figura 1 – 2*

*La Vía Apia, es uno de los monumentos históricos más importante dejado por el imperio Romano y fue en su tiempo, la vía más importante que se dirigió al sur de este vasto imperio.<sup>1</sup>*

En la Edad Media, la organización anárquica y en muchos casos improvisada no era una garantía para lograr un buen servicio y los caminos de esa época eran deplorables, salvo contadas excepciones. Además para la construcción de estas rudimentarias carreteras se utilizó en su mayor parte mano de obra

---

<sup>1</sup> Imagen obtenida de exposiciones de clases; cátedra: Ingeniería de Pavimentos Rígidos.

esclava; y su financiamiento, en muchos casos fue auto impulsado; tal es el caso de Carlos III de España, quien fijo un impuesto a la sal para financiar la red vial; en la actualidad, en el país se puede observar un ejemplo semejante, tal es el caso del FOVIAL, que es una institución, que surge a partir de los fondos que han sido desviados del subsidio del combustible al transporte público, con el objetivo, que se implementen para el mantenimiento de las carreteras estatales.

Napoleón Bonaparte por ejemplo, en su afán de conquista de Europa, desarrolló una red de caminos para el transporte de su maquinaria bélica. El pavimento utilizado en la red de caminos de Francia, era fabricado a base de piedra triturada cubierta con piedra más pequeña dicho sistema era utilizado por un famoso Ingeniero llamado Trésaguet, tiempo antes de la aparición de la era napoleónica.

En Inglaterra a la par de la era napoleónica, dos Ingenieros, Thomas Telford y John L. Mac-Adam desarrollaron parecidos tipos de construcción de caminos; Telford utilizaba los mismos principios de Trésaguet; y Mac-Adam prefería utilizar como base para los caminos piedra más pequeña constituyendo después el principio fundamental de los pavimentos y bases de Macadam.

A fines del siglo XIX empieza a ser una realidad el transporte mecánico por carretera; Trevithick había construido un vehículo de vapor que por vez primera paseó por las calles de Londres en 1801. En 1884, Gottlieb Daimler construye un motor de combustión interna adaptado a una bicicleta; en 1889, Panhar y Levassor, lo aplican a un ómnibus: había aparecido el automóvil de gasolina. Entonces fue necesario adaptar la carretera al nuevo elemento de transporte; el macadam (figura 1 – 3) fue uno de los primeros materiales utilizados para construcción de pavimentos, en esta época. Con el crecimiento de la cantidad de los vehículos, el apareamiento de vehículos con mayor velocidad y también vehículos para el transporte pesado, los antiguos firmes de macadam se deterioraron con mayor facilidad y producían polvo molesto y muy peligroso

para el tráfico rápido, y los costos de mantenimiento se elevaron. De donde forzosamente surgió la necesidad de protegerlas con cubrimientos resistentes tanto a la abrasión de las ruedas como a la destrucción de los agentes atmosféricos, principalmente el agua. Como el macadam se destruía fácilmente, fue necesario buscar algo que ligara mejor las partes de que estaba constituido el pavimento; de allí empezó la utilización de los riegos asfálticos, las carpetas asfálticas, etc.



*Figura 1 – 3*

*La figura nos muestra la construcción de la primera superficie de pavimento hecha con macadam, en los Estados Unidos de América. Esta se ubico entre Hagerstown y Boonsboro, Maryland, con una longitud de 10 millas; fue creado en el año de 1823.<sup>2</sup>*

El asfalto es un componente natural obtenido del petróleo y se conoce desde hace miles de años. Existen evidencias de que en el sector de la construcción, la utilización más antigua se remonta aproximadamente al año 3.200 a.C. Excavaciones efectuadas en Tell Asmer, a 80 km al noreste de Bagdad, permitieron constatar que los Sumerios habían utilizado un “mastic” de asfalto para la construcción. Sin embargo no es sino hasta en 1824, cuando la firma

---

<sup>2</sup> Imagen creada por Carl Rakeman

Pillot et Eyquem comenzó a fabricar adoquines de asfalto, que en 1837 se utilizaron para pavimentar la Plaza de la Concordia y los Campos Elíseos en París. En 1852 la construcción de la carretera París-Perpiñan, utilizó el asfalto de Val Travers, significando el comienzo de una nueva forma de construcción vial. En 1869 se introduce el asfalto como material de construcción para carreteras en Londres y en 1870 en los Estados Unidos. Desde esta época, el asfalto se implantó sólidamente en las vías urbanas y propició significativamente su uso vial.

En nuestro país fue creada en Agosto de 1916 la Dirección General de Caminos y a partir de ésta, el sistema vial nacional para transporte de automotores se inició en el año de 1917, con la construcción de la Carretera San Salvador—Puerto La Libertad, posteriormente y con gran celeridad se fueron construyendo otras rutas. El 30 de Abril de 1925, se da un suceso muy importante, que es la aprobación del decreto de “La Ley de Vialidad”, como un impuesto obligatorio a todo salvadoreño o extranjero mayor de 18 años, que serviría para la construcción de caminos modernos, conservación y mejoramiento de los ya existentes y todas sus obras anexas. Del total recaudado, el 40% se destinaría a la construcción de las arterias principales; otro 40% para la construcción y conservación de los caminos nacionales y el 20% restante se dedicaría a los caminos vecinales. “Es así como los mayores esfuerzos se dedican en el lapso comprendido entre 1932 y 1943, en que se construyeron la Carretera Interamericana (CA—1), ver figura 1 – 4, en toda su longitud, la vía San Salvador—Zacatecoluca, San Salvador—Sonsonate y otras que al presente forman la red vial principal de la nación”<sup>3</sup>.

A la par de la ejecución de las carreteras mencionadas anteriormente, se inició la construcción de la red de caminos rurales o de penetración que servirían para unir las zonas agrícolas y poblaciones, dándosele prioridad a los caminos

---

<sup>3</sup> MIPLAN-MOP, Estudio de factibilidad del proyecto Carretera Interconexión CA-12, CA-4 (San Salvador 1974)

ubicados en la meseta central del país, propiciando con esto su desarrollo y tomando auge poblaciones como: Santa Ana, Santa Tecla, Cojutepeque, San Vicente y San Miguel. Posteriormente, 1955—1961, se construyó la Carretera del Litoral, paralela a la Carretera Interamericana (CA—1), con un sistema de caminos de alimentación.



*Figura 1 – 4*

*Reconstrucción de carretera interamericana, tramo curva la Leona (San Vicente), por daños sucedidos en el 2001, debido al terremoto ocurrido en Febrero de ese año.<sup>4</sup>*

Conforme lo anterior, la principal red vial de El Salvador quedó formada, fundamentalmente, por dos vías casi paralelas que lo atraviesan longitudinalmente de Oriente a Poniente: la Interamericana (CA—1) con una longitud aproximada de 307 kilómetros, ubicada en la meseta central y la Carretera del Litoral (CA—2) cuya longitud es alrededor de 319 kilómetros y que bordea las costas salvadoreñas; complementada después con tres vías regionales que atraviesan el país de Sur a Norte y son: Acajutla—Santa Ana—Metapán—Anguiatú (Frontera con Guatemala), codificada como CA—12; La Libertad—San Salvador—Apopa—Tejutla—El Poy (Frontera con Honduras)

---

<sup>4</sup> Imagen obtenida de la publicación de El Diario de Hoy, día Sábado 13 de octubre 2001.

conocida también como CA-4; El Delirio (sobre Carretera CA—2)—San Miguel—Gotera—Perquín (Frontera con Honduras) denominada CA—7. En la década de 1960, 1970 y 1980 se realizaron mejoras de tramos de carreteras existentes: San Salvador—Santa Ana, San Salvador—Sonsonate y San Salvador—Puente Cuscatlán; Además se efectuó la construcción de Autopista San Salvador—Aeropuerto El Salvador y parte de lo que formará la carretera Longitudinal del Norte, denominada también como Carretera de Interconexión (CA—3), específicamente los tramos de Nueva Concepción—Amayo y Amayo—Chalatenango. Lo anterior se puede observar mejor en la figura 1.5.

En el año 2000 se realizaron diversos estudios que mostraron que del 100% de la red vial pavimentada del territorio nacional, un 22.66% se encontraban en malas condiciones, un 16.83% en regulares condiciones y un 60.51% en muy buenas y buenas condiciones, en relación con su nivel de servicio<sup>5</sup>. Por lo dicho anteriormente el 39.49% de toda la red se encontraba en condiciones desfavorables, la cual necesitaba reparaciones o una reconstrucción total. Es de hacer notar que la superficie de rodamiento de la estructura del pavimento que forma la red vial en nuestro país no es uniforme, pero gran parte de la misma se encuentra construida con mezcla asfáltica; para el año 2004, los estudios realizados mostraban que de el 100% de la red vial nacional el 92.9%, aproximadamente se encontraba construida con materiales asfálticos<sup>6</sup>.

A lo largo del tiempo se han utilizado diversos materiales para la construcción de las vías terrestres, entre los cuales vale la pena mencionar: Suelo, piedra, baldosa, adoquín, cemento hidráulico, cemento asfáltico, etc. En el país igual se han utilizado gran variedad de materiales para la elaboración de los pavimentos o vías de comunicación, siendo la mayoría de las vías más

---

<sup>5</sup> Restauración de pavimentos flexibles con lechadas cemento Portland (slurry); Canales Molina, Alex.

<sup>6</sup> Estudio realizado por la Unidad de Planificación Vial (UPV) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), mediante su departamento de Gerencia de Inventarios Viales, año 2004

importantes hechas de materiales asfálticos, volviéndose por lo tanto importante el estudio de ellos.

Cabe mencionar que hay diversos tipos de pavimentos asfálticos, pero el de interés en nuestro caso es el pavimento elaborado con mezclas asfálticas en caliente.

RED VIAL NACIONAL DE EL SALVADOR  
DICIEMBRE 2004

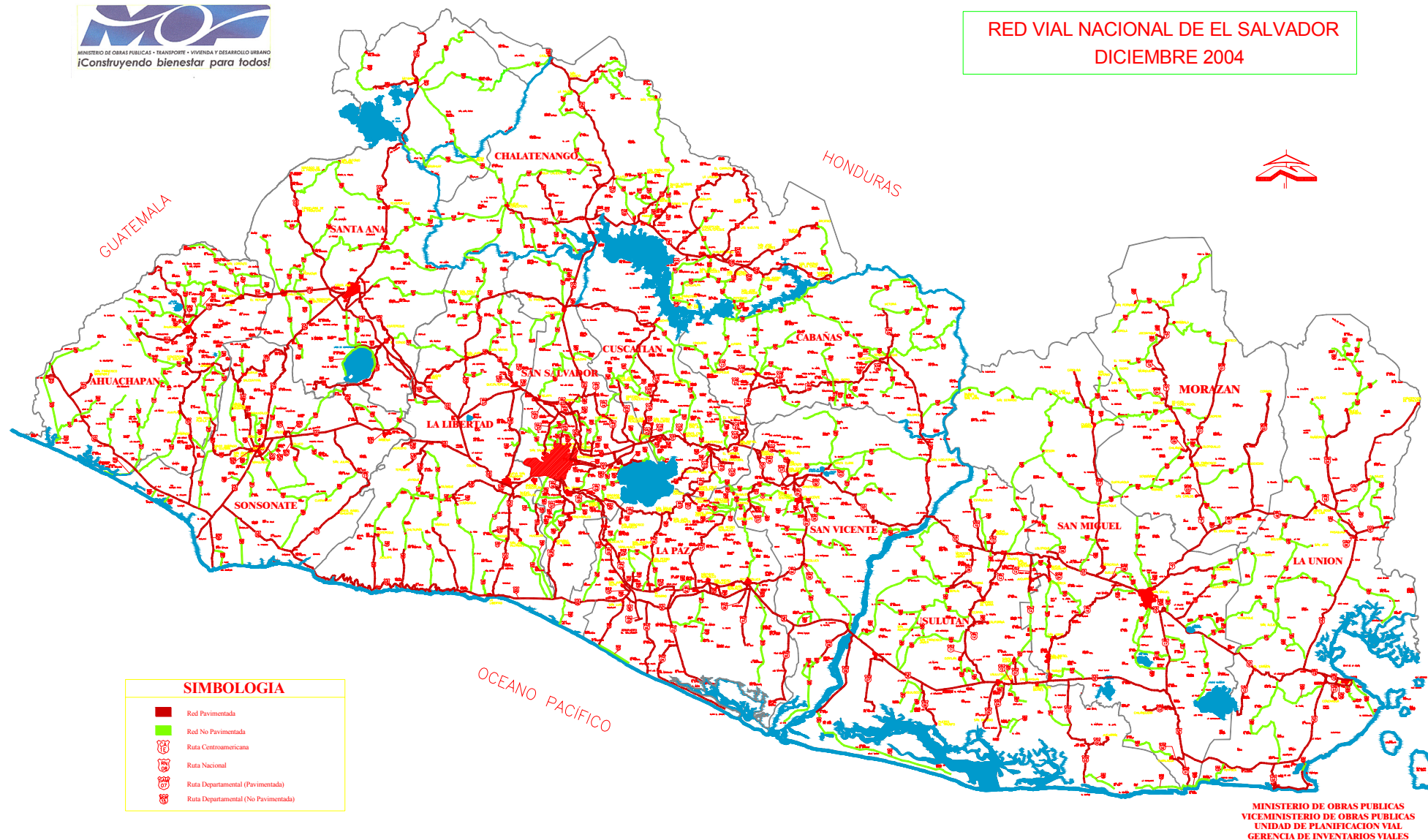


Figura 1 – 5: RED VIAL NACIONAL DE EL SALVADOR, proporcionada por la. UNIDAD DE PLANIFICACION VIAL (UPV).



### **1.1.2 – La Calidad**

La historia de la humanidad está directamente ligada con la **calidad** desde el momento en que el hombre comenzó a elaborar cosas con sus manos, cuando comienza a construir sus armas, elaborar sus alimentos y fabricar su vestido observa las características del **producto** y enseguida procura mejorarlo.

La práctica de la verificación de la calidad se remonta a épocas anteriores al nacimiento de Cristo. En el año 2150 A.C., la calidad en la construcción de casas estaba regida por el Código de Hammurabi (figura 1 – 6), cuya regla # 229 establecía que "si un constructor construye una casa y no lo hace con buena resistencia y la casa se derrumba y mata a los ocupantes, el constructor debe ser ejecutado". Los fenicios también utilizaban un programa de acción correctiva para asegurar la calidad con el objeto de eliminar la repetición de errores. Los inspectores simplemente cortaban la mano de la persona responsable de la calidad insatisfactoria<sup>7</sup>. En los vestigios de las antiguas culturas también se hace presente la calidad, ejemplo de ello son: Las pirámides Egipcias, los frisos de los templos griegos, etc.

En la edad media los gremios o hermandades de artesanos habían establecido un largo periodo de adiestramiento para los aprendices y exigían que las personas que trataran de convertirse en maestros de oficio, presentaran pruebas de su aptitud y habilidad. Tales reglas estaban orientadas en parte, al mantenimiento de la calidad. Con respecto al producto y dado lo artesanal del proceso empleado en esta época, la inspección era responsabilidad del productor que es el mismo artesano. Con el advenimiento de la era industrial esta situación cambió, el taller cedió su lugar a la fábrica de producción masiva, bien fuera de artículos terminados o bien de piezas que iban a ser ensambladas en una etapa posterior de producción. Como consecuencia de la alta demanda aparejada con el espíritu de mejorar la calidad de los procesos, la

---

<sup>7</sup> Calidad Total, Espinosa, 1997, sito web "monografias.com"

función de inspección llega a formar parte vital del proceso productivo y es realizada por el mismo operario.



*Figura 1 – 6*

*Estela donde se hallan grabadas las 282 leyes del Código de Hammurabi. En la parte superior el rey Hammurabi (en pie) recibe las leyes de manos del dios Shamash. Actualmente se conserva en el Museo del Louvre (París)*

A fines del siglo XIX y durante las tres primeras décadas del siglo XX el objetivo de las empresas se enmarca en la producción. Con las aportaciones de Taylor, la función de inspección se separa de la producción; los productos se caracterizan por sus partes o componentes intercambiables, el mercado se vuelve más exigente y todo converge a producir. El cambio en el proceso de producción trajo consigo cambios en la organización de la empresa. Como ya no era el caso de un operario que se dedicara a la elaboración de un artículo, fue necesario introducir en las fábricas procedimientos específicos para atender la calidad de los productos fabricados en forma masiva. Durante la primera guerra mundial, los sistemas de fabricación fueron más complicados, implicando el control de gran número de trabajadores por uno de los capataces

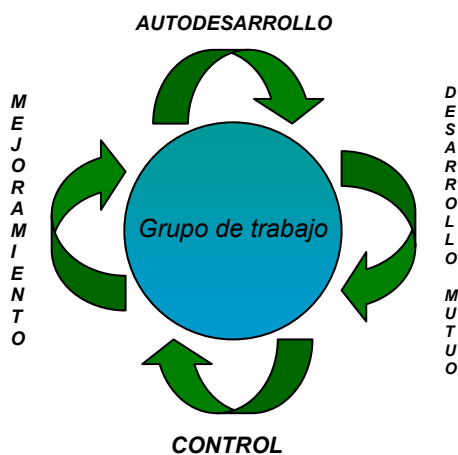
de producción; como resultado aparecieron los primeros inspectores de tiempo completo la cual se denominó como control de calidad por inspección

En los tiempos modernos los conceptos de calidad fueron retomados en 1924 por el Dr. Walter A. Shewhart, de los Bell Telephone Laboratories, que inicio el desarrollo de los métodos estadísticos para el control de la calidad. A él se le deben las cartas de control. Por la misma época Harol F. Dodge y Harry G. Roming iniciaron la aplicación de la teoría estadística a la inspección por muestras y desarrollaron el muestreo de aceptación como sustituto de la inspección al 100%. Durante la segunda guerra mundial, el gobierno de Estados Unidos promovió la aplicación del control estadístico en la industria. En el verano de 1950, el doctor estadounidense W. Edwards Deming impartió varias conferencias a altos directivos de empresas japonesas donde planteó las ventajas del control estadístico de calidad. Siguiendo sus recomendaciones pronto algunos de ellos empezaron a reportar incrementos en la productividad. En 1954 el Dr. Joseph Juran visitó por primera vez Japón y sus enseñanzas contribuyeron a que los directivos japoneses tuvieran una nueva visión sobre la responsabilidad de los directivos para mejorar la calidad y la productividad. En 1962 el Dr. Kaoru Ishikawa formaliza los círculos de calidad (figura 1 – 7), y a partir de entonces las actividades de éstos se difundieron rápidamente. Los círculos de calidad constituyen la maduración de las múltiples actividades de estudio y capacitación sobre control de calidad dirigidas a supervisores y obreros iniciadas desde 1950.

Entre 1970 y 1980, se dan una serie de sucesos con respecto al avance de la industria japonesa en el comercio internacional, desplazando del mercadeo a los productos norteamericanos. Es en este momento cuando en Estados Unidos se encienden los “focos de alarma” por la competencia de los productos orientales y la cadena de televisión estadounidense NBC desarrolló un programa titulado “Si Japón puede, ¿por qué nosotros no?”, que explicaba al público norteamericano las ventajas del control de calidad japonés. A mediados

de los ochentas Japón asume el liderazgo en la electrónica, en la producción de microchips. Es en ese momento cuando finalmente queda en evidencia que la penetración de los productos del lejano oriente no se debía a los aspectos como bajo costo de mano de Obra y Plagio de productos. Se descubre que hacía más de treinta años, en Japón se había iniciado un proceso de mejora continua que condujo a ese país a aprovechar mejor la tecnología disponible en el mundo y a desarrollar nuevas propuestas tecnológicas que lo ha llevado al liderazgo tecnológico en diversas áreas.

### *Círculos de Calidad*

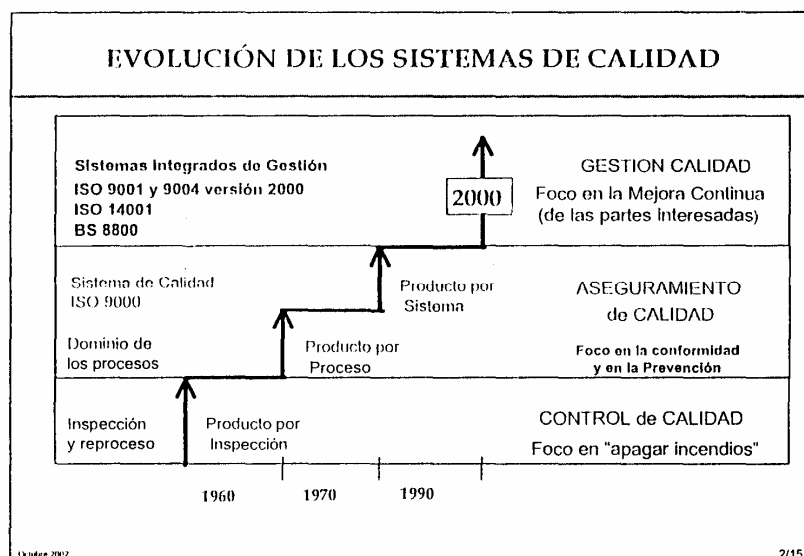


*Figura 1 – 7*

*Diagrama esquemático de los círculos de calidad y las funciones que de deben desempeñar. La tarea principal de estos consiste en: identificar, analizar y resolver problemas relacionados con su área de trabajo.*

Lo anterior describe la evolución de la calidad a nivel mundial desde el inicio de la historia (esto se observa de una manera sencilla, en la figura 1 – 8 y el Anexo 1 – 1) pero hay que tomar en cuenta, que en cada país este concepto ha evolucionado de diferentes formas, tal es el caso de nuestro país, que específicamente en el área de la construcción de carreteras o vías de comunicación, el concepto de la calidad y su control en la obra siempre ha estado presente, pero la responsabilidad de su ejecución ha cambiado con el

paso del tiempo. Esto se debe a que algunos de los cambios que ocurren en nuestro país se ven influenciados por los documentos, investigaciones y metodologías implantadas en países desarrollados, el sector de la construcción no es la excepción, tal es el caso de la utilización de algunas normas y especificaciones extranjeras para el control de la calidad como los son: AASTHO, FP, ASTM, entre otras. De igual manera, los métodos para verificación y control de la calidad en la construcción, se han visto influenciados esto se puede observar en la aplicación práctica de algunas pruebas de laboratorio, métodos y ensayos de inspección. El Ministerio de Obras Públicas (MOP) ha venido cambiando, adaptándose a la situación en cada periodo, pero su objetivo de proporcionar obras para el tránsito de vehículos, con un nivel aceptable de funcionamiento es el mismo.



**Figura 1 – 8**

*Evolución del sistema de la calidad, con respecto a su implantación. Las ideas que en cada periodo han guiado la aplicación de los sistemas se observan, en la parte inferior de cada una de las definiciones de control, aseguramiento y Gestión de la calidad.<sup>8</sup>*

<sup>8</sup> Imagen obtenida del material de apoyo (guías de clases) de la cátedra: Control estadístico de la Calidad. Ingeniería Industrial, Universidad de El Salvador.

Para lograr lo anterior, se ha recurrido a la utilización de herramientas que permiten mantener un control de la calidad en la ejecución de los proyectos. La implantación de las diversas formas de controlar la calidad y sus objetivos se ven influenciados (como lo mencionamos anteriormente) por las metodologías desarrolladas y aplicadas en los países desarrollados. La manera como se ha implementado el control de la calidad en el país, en el transcurso del tiempo se ha dado de la siguiente manera:

Al inicio, en los primeros proyectos realizados en el país, se aplicó un control de la calidad ejercido o ejecutado por la misma entidad responsable de la construcción (en este caso la Dirección General de Caminos “DGC” que fue en el pasado, una subdivisión del MOP), la forma en que trabajaba la DGC era la siguiente:

La DGC era la encargada de la construcción de los proyectos por medio de su Departamento de Construcción el cual tenía la función de construir solamente proyectos de carreteras inter - departamentales y nacionales, pero con la excepción que los proyectos construidos por este departamento, eran carreteras que se construían por primera vez o nuevas. Además, este era el encargado de controlar la calidad en los proyectos, por medio de laboratorios de control de la calidad ubicados tanto en el proyecto como en las instalaciones del MOP. Estos laboratorios a su vez eran verificados por el Centro de Investigaciones Geotécnicas (CIG), actualmente denominado Unidad de Investigaciones y Desarrollo Vial (UIDV); actividad que en la actualidad se sigue desarrollando.

Con el paso del tiempo, el desarrollo de nuevas teorías y la evolución de la estructura del control de la calidad; la ejecución del control de la calidad fue transformada.

A continuación se explica manera en que se desarrollaba el proceso del control de la calidad:

La ejecución o construcción del proyecto la llevaba a cabo una empresa privada denominada: contratista. La encargada de llevar o mantener el control de la calidad en el proyecto (en el caso de las carreteras mencionadas anteriormente) era un nuevo ente independiente del MOP, denominada "Supervisora"; pero que era contratada por este. La supervisión era una empresa privada que debía poseer conocimientos de ensayos, especificaciones y normas y que contaba con recursos para su realización, esta representaba al Contratante o dueño del proyecto.

Hoy en día, con las nuevas ideas acerca de la calidad, su control y aseguramiento, se ha implementado una nueva forma de controlar la calidad para asegurar el buen desarrollo en la ejecución de un proyecto, esta se puede explicar así:

El contratista al licitar un proyecto y obtener su adjudicación, toma la responsabilidad de construir y al vez de ser el mayor responsable de controlar su calidad; por otro la supervisión continua realizando un control, pero en menor grado y al cual se le denomina actualmente "aseguramiento de la calidad", que tiene como objetivo verificar si el contratista realiza el trabajo de acuerdo a lo enunciado en las especificaciones técnicas contractuales y conforme a la propuesta descrita en la licitación que este presento. Además el MOP, por medio de la UIDV verifica el control y aseguramiento que se implementan en un proyecto.

## 1.2 – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Salvador es un país en constante crecimiento, tanto económico como poblacional, de ahí surge y se encuentra presente la necesidad de construcción de vías de comunicación. Este es uno de los puntos que cualquier gobierno debería considerar con la merecida importancia ya que sin éstas el progreso de una nación se ve retrasado.

Los pavimentos flexibles son muy utilizados en nuestro país, para la construcción de carreteras, esto se debe a que dichos pavimentos manifiestan algunas ventajas con respecto a otras alternativas, tales como:

- ↳ Bajo costo de inversión inicial en comparación con otro tipo de pavimentos
- ↳ Tratamiento por medio de reciclado (utilización del mismo material)
- ↳ Entre otros.

Pero conjuntamente con la necesidad de construcción de las vías surge otro problema, el cuál es, la construcción de una vía que funcione como se ha previsto durante el tiempo establecido para esto, la estructura se diseña con el propósito de resistir las cargas que estará soportando durante su vida útil. Esto nos conduce a preguntarnos ¿Por qué fallan los pavimentos antes del tiempo previsto?, si se planifican los proyectos y además bajo la premisa que se hacen diseños minuciosos y aceptables. Esto nos lleva a pensar si los procesos constructivos empleados son los adecuados o que si cumplen con las especificaciones para el control de la calidad establecidas.

Si tecnológicamente se van mejorando los procesos, tal vez éste no sea el problema. Y entonces nos inclinamos a que hay un problema en el control de la calidad tanto de los materiales utilizados como en la implementación de los procesos de construcción que se llevan a cabo en la ejecución de la obra o una combinación de ambos. Esto tiene como raíz del problema, que a veces los



contratistas sacrifican la calidad de la obra utilizando materiales de inferior calidad, contratando mano de obra no calificada y utilizando equipo defectuoso, entre otros; todo esto con el objetivo de reducir sus costos de construcción, o que en algunas ocasiones la supervisión no tiene la experiencia necesaria para poder plantear o realizar una programación del aseguramiento de la calidad que se debe seguir en la obra. Lo anterior deja marcada la necesidad de plantear una metodología sistemática (guía) a seguir para la realización del control y el aseguramiento de la calidad en la construcción de los pavimentos mencionados anteriormente, tomando en consideración las siguientes especificaciones y normas internacionales que se utilizan en el país:

- AASHTO (American Association of State Highway and Transport Official)
- ASTM (American Society for Testing and Materials).
- FP, (Standard Specifications for construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects).
- Especificaciones para la construcción de Carreteras y Puentes Regionales. De la Secretaría de Integración Económica Centro Americana (SIECA).

## 1.3 – JUSTIFICACIONES

Hoy en día, la utilización de materiales asfálticos para la construcción de pavimentos en vías de comunicación, se ha visto sustituida en cierta medida por el uso del concreto hidráulico; pero su importancia, como parte primordial de la red vial nacional se conserva, ya que la mayor parte del pavimento contenido en esta se encuentra construido con materiales asfálticos, debido a las ventajas que estos presentan sobre otras alternativas. Un estudio realizado en el año 2004 afirmó esta situación, mostrando que de 2862.70 km. que posee la red vial nacional, 2659.36 km son pavimentos asfálticos y solamente 203.34 km son pavimentos de concreto hidráulico<sup>9</sup>.

Una de las dificultades que se presentan en la utilización de materiales asfálticos para la construcción de vías terrestres es la aparición de fallas que no han sido previstas y que se presentan durante su vida útil (generalmente 20 años). Esto puede ser debido a los siguientes factores:

- Proceso constructivo.
- Diseño de la estructura.
- Aumento inesperado del tráfico, debido a malas consideraciones.
- Razones económicas, entre otras.

De los elementos anteriormente mencionados, el factor objeto de este trabajo es el proceso constructivo (materiales, métodos de construcción, personal, etc.), que se ve reflejado cuando la vía esta en funcionamiento, razón por la cual se asume que los demás factores pueden ser evitados, en cierta medida.

El proceso constructivo esta influenciado por los siguientes factores: que pueden producir resultados no deseados:

- ✓ Materiales.

---

<sup>9</sup> Estudio realizado por la Unidad de Planificación Vial (UPV) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), mediante su departamento de Gerencia de Inventarios Viales, año 2004

- ✓ Equipo y Maquinaria.
- ✓ El Clima.
- ✓ Los métodos de construcción.
- ✓ El personal utilizado en la obra.

La mayoría de los factores, que aquí se mencionan pueden ser llevados a parámetros aceptables mediante la realización de un buen control de la calidad, simultáneamente reforzado por la aceptación y ejecución de un plan de aseguramiento de la calidad. Tanto el control como el aseguramiento de la calidad se basan en la información referente a las especificaciones y normas siguientes, que son utilizadas en nuestro país:

- ✓ ASTM (American Society for Testing and Materials).
- ✓ AASHTO (American Association of State Highway and Transport Official).
- ✓ FP (Standard Specifications for construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects).
- ✓ Especificaciones para la construcción de Carreteras y Puentes Regionales (de la Secretaría de Integración Económica Centro Americana: SIECA).

Debido a que los pavimentos presentan fallas no previstas, antes de completar su tiempo de servicio, que podrían ser debido a causas que provienen de su construcción, se hace necesaria la realización de una guía en la que se recopilen los procedimientos para realizar un buen control y aseguramiento de la calidad para mezclas asfálticas en caliente. Y de esta manera aminorar o procurar eliminar los deterioros exhibidos en este tipo de pavimentos como resultado de un ineficiente control y aseguramiento de la calidad de los factores mencionados anteriormente y en ultima instancia, también reducir los costos del usuario en las carreteras.

## **1.4 – OBJETIVOS**

### ***1.4.1 – OBJETIVO GENERAL***

Elaborar una guía para la realización del control y el aseguramiento de la calidad de construcción de pavimentos flexibles en los que se utiliza mezcla asfáltica en caliente, basada en las especificaciones y normas siguientes: AASHTO, ASTM, FP y Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales (SIECA).

### ***1.4.2 – OBJETIVOS ESPECIFICOS***

- ✓ Elaborar una estructura básica de plan de control de la calidad y plan de aseguramiento de la calidad, en la construcción de los elementos básicos de una estructura de pavimento flexible fabricado con mezclas asfálticas en caliente.
- ✓ Elaborar un documento, que pueda ser aplicado en la construcción de una estructura básica de pavimento flexible producido con mezcla asfáltica en caliente, capaz de lograr que la estructura resultante se encuentre bajo los requisitos de calidad que se establezcan en las normas y especificaciones utilizadas en nuestro país para su construcción.
- ✓ Conocer los ensayos y equipos necesarios que deben utilizarse como parte del proceso de control y aseguramiento de la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, elaborados con mezcla asfáltica en caliente.

- ✓ Describir en que momento se aplican las pruebas de control de la calidad, en cada una de las etapas que componen un proyecto de construcción de pavimentos flexibles.
- ✓ Definir el número de ensayos que deben realizarse para un determinado volumen de obra.

## **1.5 – ALCANCES Y LIMITACIONES**

### ***1.5.1 – Alcances***

Sería de mucho beneficio contar con el soporte de una metodología para la realización del control y aseguramiento de la calidad en la construcción de pavimentos flexibles elaborados con mezclas asfálticas en caliente, ya que además de ser herramientas de utilización por parte del contratista y la supervisión, también facilitaría la unificación de criterios entre ambas (supervisión - contratista) y mejoraría la calidad de las vías de comunicación.

También se reducirían los costos por mantenimiento de la vía y los costos de operación, a largo plazo y reduciría el tiempo del encargado de programar el control de calidad en la obra, orientándolo respecto a las pruebas que debe realizar y cuando debe hacerlo.

No hay que olvidar también el apoyo académico y aporte bibliográfico que esta investigación pueda brindar a los estudiantes que cursarán materias relacionadas con los pavimentos asfálticos. Además de servir como instrumento de apoyo de instituciones que guarden relación con el estudio, abriría las puertas a la realización de otros estudios mucho más detallados desarrollando un mejor criterio que permita un mayor desempeño de los profesionales que trabajan en esta área de la construcción, en el país.

Hay que mencionar que en los capítulos II y III planteados en el contenido temático se propondrá un plan de control y un plan de aseguramiento de la calidad en la construcción de elementos de una estructura básica de pavimentos flexibles elaborados con mezcla asfáltica en caliente, respectivamente, sin incluir aspectos tan variados como lo son: Obras de drenaje mayor, Obras de Paso, Estabilización de taludes y otros.

### 1.5.2 - Limitaciones

- ✓ La observación de un proyecto que esté en construcción para describir las pruebas que se realizan, estará sujeta a la disponibilidad que haya de éste en ese momento; así como al permiso de la empresa u organismo a cargo de dicho proyecto.
- ✓ La poca información bibliográfica que se encuentra en la UES (Universidad de El Salvador) acerca del control y el aseguramiento de la calidad de pavimentos flexibles, evitó el rápido avance de la investigación.
- ✓ La investigación sólo se realizará para vías construidas con pavimentos flexibles nuevos y restringiéndonos únicamente a mezclas asfálticas en caliente.
- ✓ El acceso a la información en algunas instituciones es muy limitado, por lo que presenta un problema al momento de realizar la investigación.
- ✓ La descripción de los ensayos se limitará a mencionar cuando y donde deben ser utilizados, el equipo que se debe emplear para su desarrollo y al análisis e interpretación de los resultados obtenidos en estos ensayos, desde el punto de vista de la calidad.
- ✓ La utilización de la información obtenida, ha dependido de la aplicación que esta ha tenido en el desarrollo de la presente investigación.

## 1.6 – CALIDAD

Antes de comenzar a hablar de lleno en lo que consiste esta investigación, debemos definir lo que es calidad, debido a la importancia en todo proyecto de construcción, ya que este término será la base del estudio que se realizará. Se presentan a continuación diversas definiciones, las cuales expresan que **Calidad:**

*Es el “Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.” UNE-EN ISO 9000:2000 Apartado 3.1.1.*

"Rendimiento del producto que da como resultado satisfacción del cliente, libertad de deficiencias en el producto, que evita la falta de satisfacción del cliente", lo que se resume como "adecuación para el uso" (Juran, 1990).  
Filosofías de Calidad.

“La define el cliente, es el juicio que éste tiene sobre un producto o servicio y resulta por lo general en la aprobación o rechazo del producto”. Calidad Total y Productividad, Humberto Gutiérrez Pulido (1997)

“Es la totalidad de particularidades y características de un producto que influye sobre su capacidad de satisfacción de determinadas necesidades”. Instituto Nacional de Normas de Estados Unidos (ANSI, por sus siglas en Inglés) y Sociedad Americana para el Control de la Calidad (ASQC, por sus siglas en Inglés).

“Debe ser incorporada al producto; no es la inspección la que se la comunica. Es decir, el supervisor acepta o rechaza productos de la misma calidad. Por



tanto es responsabilidad de quienes lo fabrican incorporar la calidad deseada”.  
Manual del Ingeniero Industrial, 1998.

Analizando las definiciones anteriores nos damos cuenta que hay aspectos importantes en cada una por ejemplo, que “calidad”:

- ↳ Es un término muy variado pero referido siempre a lo que es un “Producto”.
- ↳ Esta inherente en el objeto al momento de su fabricación.
- ↳ La definen a su vez las necesidades del cliente; en conjunto con las normas y especificaciones de comparación.
- ↳ El aspecto más importante a observar es que, se refiere a una serie de características y propiedades.

Esto nos hace una idea de lo que significa dicho término, lo que nos lleva a definir que **Calidad**:

**Es una serie de características o cualidades referidas a un producto, definidas por las necesidades del cliente antes de su fabricación. Controladas por medio de ensayos y parámetros normalizados de comparación, al momento de su fabricación.** (Observar anexo 1 – 1).

Fuera de lo que es la calidad hay cosas que mencionar y a las que debemos darle mucha importancia, ellas son: definir que, quien, manera (como), donde y cuando. Estas definiciones son importantes y constituyen la base del estudio de la calidad y el control de la misma. Además no hay que dejar de lado las normas y especificaciones en que debemos basarnos para calificar la calidad. Todo esto es un control riguroso que debe llevarse al momento de la construcción y que define la calidad del producto que resultará al final.

Hay ideas fundamentales que se deben manejar para orientarse adecuadamente hacia el fin que se persigue, el cual es lograr la calidad de lo que se realiza. Estas ideas son las siguientes:

Pensar que la calidad se logra solamente mediante la inspección resulta obsoleto hoy en día.

Muchas veces sino en su mayoría, se observa que la calidad en el área de la construcción es el resultado de otras prioridades, tales como la cantidad de la obra, el tiempo de la programación, la economía, entre otras y no como lo debe ser la principal prioridad.

Se debe tener en cuenta que la mala calidad no solo implica, costos por materiales utilizados (desperdicios) y mano de obra utilizada en los procesos fallidos, sino también implica costos por inspecciones y ensayos realizados en el proceso, costos por los equipos utilizados en el proceso fallido, costos por atrasos, incluso costos por extraer y deshacerse de los desperdicios.

Agrupando los costos que genera la calidad en base al proceso, se pueden clasificar en: costos de prevención, de evaluación, por fallas en la realización de la obra, por fallas observadas después de la terminación de la obra<sup>10</sup>. De manera general, a continuación se presenta la definición de cada categoría.

**Costo de Prevención:** son aquellos en que incurre la empresa, destinados a evitar y prevenir errores, fallas, desviaciones y/o defectos, durante cualquier etapa del proceso de producción y administrativo.

**Costo de Evaluación:** Son los costos en que incurre la empresa, destinados a medir, verificar y evaluar la calidad de materiales, elementos, productos y/o procesos, así como para mantener y controlar la producción dentro de los niveles de calidad, previamente planeados y establecidos por el sistema de calidad y las normas aplicables.

**Costos por fallas en la realización de la obra:** Son aquellos costos resultado de la falla, defecto o incumplimiento de los requisitos establecidos de los materiales, elementos, productos, procesos y cuya falla y/o defecto es detectada en el momento de su uso o puesta en obra, antes de la entrega de la obra o producto al cliente.

---

<sup>10</sup> Estos Términos son basados en la Norma Oficial Mexicana NOM-CC6.

**Costos por fallas observadas después de la terminación de la obra:** Son los costos resultado de la falla, defecto o incumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en las especificaciones contractuales y cuya existencia se pone de manifiesto después de la entrega de la obra o un cierto tiempo después de su utilización

## 1.7 – CONTROL DE LA CALIDAD

Después de hablar acerca de la Calidad, entender su significado e importancia, pasaremos a tratar algo muy importante como es el “Control de la Calidad”, a menudo, este término es utilizado pero se ignora su verdadero significado y se confunde con control de cantidad de obra o control de calidad de los materiales. El verdadero significado del término anterior no solo involucra a los materiales, sino otros aspectos como personal, procesos, entre otros. Para lograr una correcta comprensión de su significado, se presentan las siguientes definiciones acerca del Control de la Calidad:

*“Son técnicas y actividades operativas que son usadas para llenar los requisitos de calidad”. ISO 8402, 1994.*

“Son técnicas de operación y actividades usadas para cumplir con los requerimientos de calidad”. “Guía para el aseguramiento de la calidad analítica en laboratorios de química ambiental” del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Colombia, 1999.

“Es el control necesario para vigilar que las normas que se fijan se mantengan y realicen”. Administración y dirección técnica de la producción, Elwood S. Buffa.

“Es la técnica para establecer límites adecuados de variación en las medidas, peso, acabados y otros para productos o servicios y para mantener los artículos o servicios resultantes entre aquellos límites”. Manual de ingeniería de la producción industrial, Maynard.

“Se refiere a determinar las cualidades a exigir y obtener para que los requerimientos fijados se mantengan, cumplan y realicen”. Procedimientos de control de calidad para obra civil en materiales de construcción urbana, Trabajo de graduación Universidad de El Salvador, Patricia Elizabeth Cornejo Acevedo.

De las definiciones que se muestran anteriormente, podemos observar que hay aspectos que se mencionan en casi todas ellas, además hay puntos importantes que aunque no se mencionan en todas, son necesarios retomarlos para explicar el concepto. Como resultado podemos mencionar que Control de la Calidad:

- ↳ Son métodos y actividades establecidos por la empresa.
- ↳ Surge a partir de requisitos impuestos por la calidad de lo que se debe producir.
- ↳ Debe de mantener, cumplir y efectuar dichos requisitos.
- ↳ Permite establecer límites de aceptación para materiales, procesos y resultados.

Esto nos hace una idea que **Control de la Calidad:**

**Son métodos y actividades establecidas para alcanzar un determinado fin y cuyo objetivo es cumplir, verificar y actuar para consumir y mantener requisitos, que son necesarios para producir con una calidad determinada; además dichos métodos permiten establecer límites de aceptación para materiales, actividad, procesos y resultados.** (Observar anexo 1 – 1)

El control de la calidad, es aplicado a cualquier etapa de un proyecto de construcción, desde la planificación hasta la conservación. En este caso se orientará a la etapa de construcción, de pavimentos flexibles elaborados con mezclas asfálticas en caliente.

## 1.8 – ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Habiendo comprendido el significado de lo que es “Control de la Calidad”, hablaremos de un concepto, relativamente nuevo y muy utilizado hoy en día en el área de la construcción de carreteras como lo es el “Aseguramiento de la Calidad”. Su entendimiento e interpretación se basa en las normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en Inglés).

Antes de continuar hablando de “Aseguramiento de la Calidad”, presentaremos una expresión de igual importancia como lo es “Sistema de la Calidad”, que se define de la siguiente manera: “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”<sup>11</sup>. El significado anterior es importante y se basa en la forma en que se aplica la calidad a todas y cada una de las partes de una organización, empresa, institución, etc. Por medio de sus elementos, para llevar a cabo la “Gestión de la Calidad”. Este último término se explicará en el siguiente punto del trabajo.

Continuando con el concepto de “Aseguramiento de la Calidad” podemos decir que en nuestro país su aplicación está relacionada con la supervisión, que es realizada en los proyectos de construcción de pavimentos más sin embargo, puede ser que el verdadero significado tenga otro enfoque. Esto puede variar ya que no todos interpretan dicho principio de la misma manera; es por esta razón, que se ha decidido tomar en cuenta opiniones de diferentes personas relacionadas con el área de la calidad, para la comprensión del concepto de aseguramiento de la misma, a la vez, de información bibliográfica acerca de ello.

De acuerdo al resultado de la investigación realizada se han obtenido las siguientes definiciones acerca de “Aseguramiento de la Calidad”:

---

<sup>11</sup> Calidad total y productividad, Humberto Gutiérrez Pulido, México, 1997.

*“Conjunto de acciones planificadas y sistemáticas implantadas dentro del sistema de calidad y demostrables si es necesario, para proporcionar la confianza adecuada de que una entidad cumplirá los requisitos para la calidad”.* Norma UNE-EN ISO 8402 [AENOR, 1995].

“Conjunto de actividades planeadas y sistemáticas que lleva a cabo una empresa, con objeto de brindar la confianza apropiada de que un producto o servicio cumple con los requisitos de calidad especificados”. Tomado de la Norma Mexicana (NMX-CC-1).

“Describe todas las medidas que una empresa o laboratorio usa para asegurar la calidad de sus operaciones”. Guía para el aseguramiento de la calidad analítica en laboratorios de química ambiental, Colombia, 1999.

“Actividades realizadas para verificar si los procesos ejecutados aseguran que el proyecto cumplirá con los estándares de calidad”. Sitio web de la empresa *PMvalue*.

“El esfuerzo total para planificar, organizar, dirigir y controlar la calidad en un sistema de producción con el objetivo de dar al cliente productos con la calidad adecuada”. Administración y control de la calidad, James R. Evans y William M. Lindsay.

De las definiciones expuestas anteriormente se han tomado las ideas de mayor importancia en cada una de ellas y de esta manera poder enunciar un significado de lo que se entiende por aseguramiento de la calidad y basarnos en él, para posteriormente explicar su significado. Las ideas, consideradas de mayor importancia expresan que Aseguramiento de la Calidad:

- ↳ Es un Conjunto de actividades que planean, organizan, dirigen y controlan la calidad.
- ↳ Se aplica a un sistema.
- ↳ Debe verificar y asegurar el cumplimiento de los métodos de control de la calidad.
- ↳ Debe proporcionar la confianza que el producto o servicio cumple con las normas y especificaciones requeridas por el cliente.

En base a las ideas anteriores, se entiende por **Aseguramiento de la Calidad: Al conjunto de actividades sistemáticas que planean, organizan, dirigen y controlan la calidad y que se aplican en un sistema de la calidad, para verificar y asegurar el buen desarrollo; proporcionando de esta manera la confianza, que el producto brindado, cumple con las normas y especificaciones requeridas por el cliente.** (Observar anexo 1 – 1)

Las personas que fueron consultadas, respecto al tema de la calidad y su aplicación, coinciden en decir que el aseguramiento de la calidad es un concepto mucho mas amplio que el control de la calidad, ya que el primero es el encargado de establecer, planificar y observar la aplicación de los métodos y procedimientos de control de la calidad, mientras que el segundo solo se limita al empleo (operación) de dichos métodos y procedimientos. Por la razón mencionada anteriormente, los conceptos de aseguramiento y control de la calidad, no deben ser orientados para su aplicación a un proyecto de construcción solamente, más bien estos son conceptos que se deben aplicar al interior de la empresa constructora y desde esta manera guiarse al cambio por la calidad de la misma.



## 1.9 – GESTION DE LA CALIDAD

Antes de comenzar a hablar de gestión de la calidad, debemos entender el significado de algunos términos tal es el caso de “Gestión”, a menudo este concepto se toma como un sinónimo del término “administración”, pero el verdadero significado señala que gestión es la acción y efecto de administrar. La gestión es una conducción orientada al logro de metas y objetivos de largo alcance fijados con anticipación. **En el caso de las carreteras, la gestión no puede circunscribirse sólo a proyección, construcción y conservación.** También debe orientarse a los **usuarios**, quienes son los destinatarios naturales del quehacer vial; debe considerar asimismo la **seguridad vial** y colaborar en la disminución de los accidentes; debe analizar el grado de **vulnerabilidad** de la infraestructura ante los embates de la naturaleza y tomar las medidas pertinentes para aminorar sus consecuencias; debe conocer y esforzarse por mitigar los **impactos ambientales** de las vías, de modo de contribuir a la sustentabilidad del medio; debe estar consciente de la influencia de los caminos en el **desarrollo económico y social**, entre otros.

Otro concepto importante de comprender es “Política de la Calidad”, el cual es utilizado con frecuencia para referirse a las “directrices y objetivos generales de una empresa relativos a la calidad, expresados formalmente por la gerencia”<sup>12</sup>. Habiendo establecido las definiciones anteriores, pasaremos al aspecto de nuestro interés, el cual es el entendimiento de gestión de la calidad, para esto nos apoyaremos en diversas definiciones que enuncian a la “Gestión de la Calidad”:

*Como “Función general de la administración que determina e implanta la política de calidad que incluye la planeación estratégica, la asignación de*

---

<sup>12</sup> Herramientas Para el Aseguramiento de la Calidad en el Proceso De Manipulación Higiénica de Alimentos, Dra. Marta Leticia Almengor, Guatemala, 2002.

*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”. Organización Internacional de Normalización ( por sus siglas en Ingles, ISO-9000).*

Como “el conjunto de actividades y medios necesarios para definir e implantar un sistema de la calidad, por una parte y responsabilizarse de su control, aseguramiento y mejora continua, por otra”. Necesidades de medición en la gestión y el aseguramiento de calidad del software, Luis Fernández Sanz, Madrid, 1999.

“Aspecto de la función general de la gerencia que determina y aplica la política de la calidad”. Herramientas para el Aseguramiento de la Calidad en el Proceso de Manipulación Higiénica de Alimentos. Dra. Marta Leticia Almengor, Guatemala, 2002.

“Es un sistema de medios para generar económicamente productos y servicios que satisfagan los requerimientos del cliente. La implementación de este sistema necesita de la cooperación de todo el personal de la organización, desde el nivel gerencial hasta el operativo e involucrando a todas las áreas”. Doctor W. Edwards Deming. Artículo del internet denominado: Control de Calidad.

De acuerdo a las definiciones mostradas anteriormente se pueden observar aspectos importantes y significativos en cada una de ellas. Expresan a Gestión de la Calidad:

- ↳ Como un aspecto de la función general de la administración.
- ↳ Como responsabilidad de la gerencia, su establecimiento y aplicación.

- ↳ Su objetivo es implantar la política de la calidad.
- ↳ Su implementación necesita de la cooperación de todos los niveles de la organización, desde la alta gerencia hasta el nivel operativo de todas las áreas.
- ↳ Debe mejorar todos los aspectos de una empresa, organización, etc., cumpliendo con ciertos requisitos, normas y especificaciones y finalizando en la satisfacción del cliente.

Basándonos en los puntos anteriores, podemos decir que **Gestión de la Calidad:**

**Es un aspecto de la función general de la administración, que pretende implantar la política de la calidad, siendo responsabilidad de la alta gerencia su establecimiento y aplicación a todos y cada uno de los niveles de la empresa y cuyo resultado se espera mejore todos los aspectos de la organización, finalizando en la satisfacción del cliente.**

(Observar anexo 1 – 1)

Para su entendimiento, se han tomado en cuenta comentarios de profesionales que están relacionados con el concepto, resultando todo esto en una breve explicación que se muestra a continuación:

Hay que tener en cuenta que una empresa actualmente se divide en funciones básicas que están definidas por la administración, entre las cuales se encuentra, por lo general, la “función calidad” que está definida por una parte de la empresa, encargada de la aplicación y estudio de la misma y la transmisión de las ideas a todas las demás funciones de la empresa. Por otra parte la aplicación de la función administración o en otras palabras “administración” consiste en:

- ↳ Planear: Definir objetivos generales de la empresa y los planes de acción (estrategias y políticas) y los recursos para alcanzar los objetivos de la empresa.
- ↳ Organizar: Definir el tipo de organización que se requiere para alcanzar los objetivos de la empresa, mediante la definición de funciones básicas
- ↳ Integrar: Mediante la integración del personal se puede determinar los requisitos en cuanto a conocimientos, habilidades y experiencia que deberá tener cada uno de los responsables de los puestos de la organización.
- ↳ Dirigir: Por medio de esta función se definen las acciones y actividades que la dirección deberá ejecutar para que su personal cumpla los objetivos.
- ↳ Controlar: Por medio de esta función se definen los controles para que las actividades planeadas se cumplan correctamente y se alcancen los objetivos.

Estos términos también pueden ser aplicados a cada una de las funciones básicas de la empresa, pero la aplicación de dichos términos por parte de la función de la administración a la “función calidad” es la gestión de la calidad.

De acuerdo a lo anterior y para comprender mejor el significado se dice que **Gestión de la Calidad** es una función que debe realizar la administración o la gerencia de la empresa, organización, etc., y la cual consiste en aplicar la “administración” a la “función básica calidad” en una empresa (esto es planear, organizar, integrar, dirigir y controlar cada variable de la función básica calidad).

*CAPITULO II*  
*CONTROL DE LA CALIDAD*

## 2.1 – INTRODUCCION

El control de la calidad hoy en día es un aspecto tan importante como la fabricación o construcción del producto mismo. La existencia de diferentes tipos de industrias y en consecuencia de productos hace que también existan diferentes formas de controlar la calidad en la producción de cada uno.

De esta manera surge la importancia de clasificar a la construcción por el tipo de industria que es así de esta manera, entenderemos y orientaremos nuestro estudio al tipo de control de la calidad.

El tipo de control de la calidad, se establecerá después de definir y estudiar el producto mediante una breve descripción del mismo que en nuestro caso es un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente.

Para el planteamiento del control de la calidad de dicho producto, deberán estudiarse todos y cada uno de los factores que provocan la variabilidad en la producción del mismo, como lo son:

- Maquinaria y equipo.
- Materiales.
- Método de construcción.
- Factores climatológicos.
- Personal.

Además, se deben conocer las especificaciones y normas que establecen parámetros y procedimientos para la realización de actividades de control y producción.

Una parte importante que se debe mencionar es la explicación de ciertas técnicas básicas para la realización de la parte estadística y de análisis del control de la calidad, explicadas en la parte denominada control estadístico de la calidad.

También se explicará brevemente el desarrollo de un aspecto importante en la construcción y calidad de cualquier obra civil, el cual es el Laboratorio de suelos y materiales.

Habiendo definido todos estos aspectos, concluiremos este capítulo con la definición de los aspectos básicos que debe poseer un plan de control de la calidad que se aplicará en la construcción de la estructura básica de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente.

### **2.1.1 – Industria**

En la actualidad, la cantidad y tipos de industrias es muy diversa, cada una se enfoca a uno o varios productos a la vez implantando procesos para su producción; estos procesos se ven afectados por muchas variables que intervienen en su desarrollo, es por esta razón que se ve la necesidad de implantar un sistema de la calidad, para controlar y asegurar la calidad en la producción y el cumplimiento de las especificaciones y normas establecidas. Esto pone de manifiesto la importancia de la realización de un control de la calidad del producto.

Existen diversas características por las cuales se puede clasificar a las industrias (instituciones, organizaciones y empresas), pero una de las principales es la clasificación por medio de sus sistemas de producción. Previo a la clasificación, es importante definir algunos conceptos relacionados con la industria, que nos ayudaran a entender su clasificación estos son los siguientes:

**Producto:** “Objeto que se obtiene como resultado del trabajo ejercido sobre una materia prima, mediante un proceso o una serie de procesos”.

“Es el resultado de actividades o de procesos”. Según ISO 8402.

**Bien:** Es “un producto tangible, manufacturado por medio de procesos que convierten los recursos de una organización para satisfacción del cliente”.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Richard Norman, Service Management: Strategy and Leadership (New York: John Wiley & Sons, 1984)

**Servicio:** Es “un acto social que se lleva a cabo en contacto directo entre el cliente y los representantes de la empresa de servicio”.<sup>13</sup>

Los tipos de industria, de acuerdo a los sistemas de producción, son las siguientes:

**La industria de Manufactura de Bienes:** Son aquellas que fabrican, producen y/o construyen bienes tangibles y por esto aplican un sistema de producción de bienes.

**La industria de Servicio:** Son aquellas que proporcionan una amplia variedad de productos en forma de un acto social a individuos, empresas, establecimientos del gobierno y otras industrias por esto aplican un sistema de producción de servicios.

Dentro de estas industrias existen diferencias, así tenemos que la diferencia principal y más visible es que el producto de las industrias de servicio es, por lo general intangible, en tanto que la manufactura de bienes genera productos tangibles.

Las diferencias tienen consecuencias importantes al garantizar la calidad, por que en cada tipo de sistema de producción aplicado se debe establecer un sistema de la calidad, para realizar el aseguramiento y control de la misma. Además la calidad se debe controlar de manera diferente en cada uno de estos sistemas, pero siempre con la visión de un objetivo principal; el cual es brindar satisfacción al cliente.

### ***2.1.2 – Construcción como Industria***

Actualmente, el sector construcción se encuentra en un proceso destinado a incrementar significativamente su competitividad, mediante la búsqueda de instrumentos que faciliten la obtención de aumentos en su productividad, y pensando en mejorar la calidad de sus productos. En nuestro país, específicamente en el área de carreteras, la iniciativa para que el control de la calidad sea implementado en su mayor parte por el encargado de la



construcción (contratista) ha sido impulsada por parte del gobierno, a través del Ministerio de Obras Públicas. Este se ha basado en nuevas formas de implementación del control de la calidad, surgidas por la necesidad de brindar confianza en la construcción de pavimentos y asegurar un buen funcionamiento del mismo; el control de la calidad se considera, como un medio del que se dispone para atender las nuevas condiciones en el área de construcción, con costos razonables y a la vez cumpliendo con requerimientos de buena calidad. Podemos expresar que, control de la calidad es un conjunto de procedimientos, entendiendo esto como, actividades que deben realizarse para verificar y mantener la calidad de un producto. La definición de este punto a sido tratado con mayor amplitud en el capítulo anterior.

Existen aspectos que se deben conocer respecto al control de la calidad, para no tomar ideas erróneas que orientarían hacia objetivos no deseados. Uno de ellos es entender que la calidad la logra el constructor al momento de la construcción y el supervisor solamente es el encargado de verificar el nivel de la calidad alcanzado, durante el desarrollo de los procesos. Debemos entender que el control de la calidad no se remite solamente a la extracción de muestras, elaboración de ensayos de materiales y pruebas al producto final; aunque son de gran ayuda, pero no se puede delimitar solamente a estos aspectos. Además se debe tener muy presente que los controles de la calidad en cualquier proyecto de construcción deben ser preventivos y no correctivos, además deben vigilar los procesos y recursos materiales y humanos.

La calidad es un concepto que no solo debe circunscribirse a un proyecto específico, sino que debe observarse como parte intrínseca de una empresa, la cual se debe controlar para mejorar los procesos aplicados en cada proyecto.

Se debe eliminar la idea de la lucha u oposición entre contratista y supervisión, con visiones u objetivos distintos, ya que ambas persiguen el mismo objetivo. Además, un buen sentido de responsabilidad y colaboración de ambas partes es la mejor garantía para la feliz terminación y calidad del proyecto. También

hay que desechar la idea errónea, que la calidad solo es responsabilidad del ingeniero de control de la calidad y sus inspectores, ya que la calidad la logran las personas al momento de construir, esto quiere decir que la calidad es responsabilidad de cada persona involucrada directa e indirectamente, en consecuencia, la calidad es responsabilidad de todos los involucrados en la construcción.

### ***2.1.3 – Definición de Plan de Control de la Calidad.***

La orientación hacia la aplicación del control y aseguramiento de la calidad en la construcción de obras de pavimentos, ha supuesto un desarrollo de los sistemas de control que hacen cada vez más necesaria su concepción e implementación. Esto se ha manifestado durante muchos años atrás en los diversos conceptos e interpretaciones que han ido conformando el sistema actual de control de calidad en la construcción: autocontrol, control final, esquemas directores de la calidad, planes de aseguramiento de la calidad, etc.

La aplicación de mayores recursos y de igual manera, la concepción de numerosas ideas acerca del control de calidad o su aseguramiento, es la base de la aparición de los Planes de Control, que no son otra cosa que las herramientas que planifican, cuantifican y establecen los controles que, para un nivel de riesgo aceptado y de medios asignados, definen su aplicación para conseguir su optimización de cara a asegurar el nivel de calidad perseguido.

Se puede definir “Plan de Control de la Calidad” de una obra como la base, guía y referencia para la sistematización de dicho control. En este sentido, un plan de control debe definir los procesos, procedimientos, además de las acciones y actividades a realizar para cumplir con el control que se ha propuesto, esto enunciado en una serie de controles razonados y justificados, tanto en tipología como en cantidad, y de esta manera garantizar el nivel de control perseguido. La exigencia de su presentación en un proyecto de construcción de pavimentos

puede observarse en la sección 153.02 del manual de especificaciones de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA)

### **2.1.3.1 – Objetivo del plan de control**

Una vez establecida la definición de lo que es un Plan de Control, es importante establecer el objeto del mismo. Ya que existen multitud de posibilidades en cuanto a enfoque y tipología de estos, de allí la necesidad de acotar y definir previamente para diseñar el Plan de Control adecuado. En este sentido, en primer lugar, para su caracterización hay que establecer su objetivo. Así pueden idearse o concebirse Planes de Control (ver figura 2 -1) de:

- Producción
- Verificación
- Auditoria

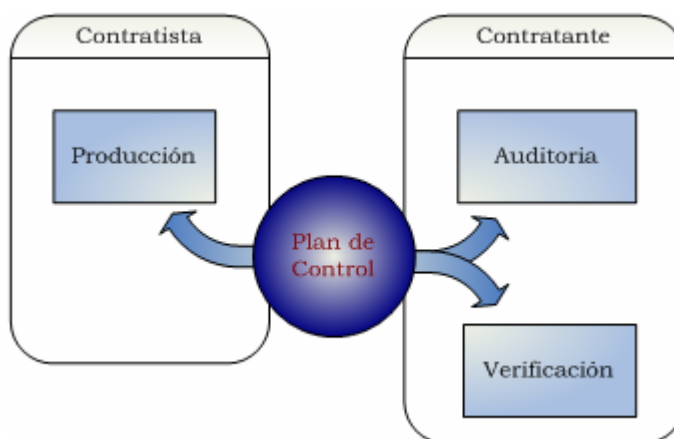
Un Plan de Control de producción, asociado en principio a una empresa constructora (productora), es el que persigue asegurar que los métodos empleados en la obtención del producto, consiguen los resultados esperados en cuanto a calidad de los materiales y procesos constructivos empleados y las unidades ejecutadas. Este tipo de plan es el que se estudiará en el presente estudio.

Un Plan de Control de verificación, es aquél que utiliza un contratante para comprobar la calidad del producto entregado. Si bien es cierto que este control también es susceptible de aplicarse en niveles intermedios del proceso productivo, esto sólo tendrá interés cuando exista la posibilidad técnica y/o contractual para aceptar o rechazar una unidad antes de su entrega. Este puede ser realizado por el contratante mismo o por medio de una empresa externa que posea conocimientos acerca de la construcción de la obra a controlar.

Finalmente, otra posibilidad de uso muy generalizado es la de los Planes de Control de auditoria. Esta variante es una composición de los Planes anteriores

que se basa en admitir por parte del cliente, como válidos los controles del productor y exigirle a éste su entrega. Evidentemente esta posibilidad es singular en cuanto supone contar con la total colaboración, voluntaria o impuesta, del constructor o productor para acceder a sus ensayos de control de producción y para aplicar controles alternativos o de contraste en puntos intermedios del proceso productivo. Si no se cuenta con esta posibilidad, este tipo de plan será un fracaso, ya que sólo se podrá acceder a una información sesgada del productor que, posiblemente oculte al auditor cuanta información pueda perjudicarle.

Es obvio que la intensidad de estos Planes diversos no puede ser la misma, si se entiende y aplica de manera coherente. Claramente, el control que debe realizar un productor no puede ser el mismo que el aplicado por el cliente, ya que el riesgo es diferente. Y de la misma manera, aunque pueda parecer extraño mencionarlo, puede que los objetivos de calidad perseguidos tampoco sean los mismos.



*Figura 2 - 1*

*Analogía de los tipos de planes de control existentes en el área de la construcción, según su objetivo de estudio o desarrollo y el encargado de su empleo y aplicación.*

### 2.1.3.2 – Alcance del plan de control

Una vez definido el objeto de un Plan de Control, el siguiente paso es definir su alcance, que estaría inconscientemente asociado al nivel de intensidad del control que se persigue. Así, no parece aceptable la creación de un Plan de Control de producción que no tenga un cierto nivel de "intensidad" tal que garantice al constructor que conoce el riesgo que asume.

En base a lo mencionado anteriormente se deduce que el alcance de un Plan de Control, identificado con su intensidad depende, fundamentalmente, de dos aspectos principalmente:

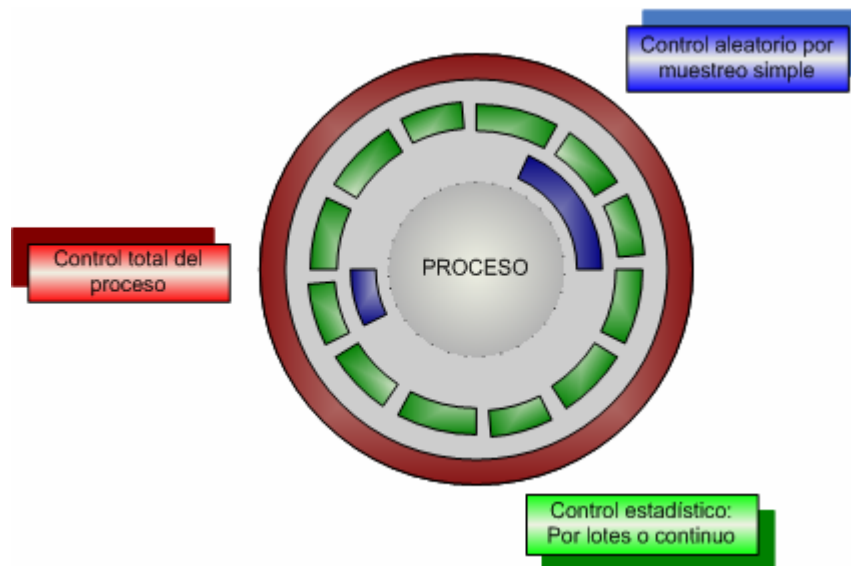
- Del tipo de Plan de Control, y
- Del resto de los elementos del sistema conjunto de control. En una palabra, del riesgo que se asume.

La intensidad de un Plan de Control no es un aspecto caprichoso ni aislado y que, si así se concibe, puede dar lugar a un desperdicio de recursos, aspecto que se debe evitar. Ya que este desperdicio se producirá tanto por exceso de control (si no lo valora o detecta el cliente), como por exceso de unidades rechazada (si el control final es muy intenso).

Para definir las posibilidades de alcance en la intensidad de un Plan de Control, podemos decir, a grandes rasgos, que existen tres tipos de niveles (ver figura 2 -2):

- Control aleatorio por muestreo simple
- Control estadístico: ya sea por lotes o continuo.
- Control total del proceso

Las dos situaciones extremas de control aleatorio y control total del proceso (control al cien por ciento) no requieren mayor comentario. Sin embargo, el establecimiento de los controles estadísticos, requiere la definición de una serie de conceptos adicionales que justifiquen su diseño. Los métodos de muestreos relacionados con los tipos de control mencionados anteriormente se explican con mayor detalle en la sección 2.4 del presente capítulo.



*Figura 2 - 2*

*La figura muestra esquemáticamente, el alcance del plan de control de la calidad en el desarrollo de un proceso.*

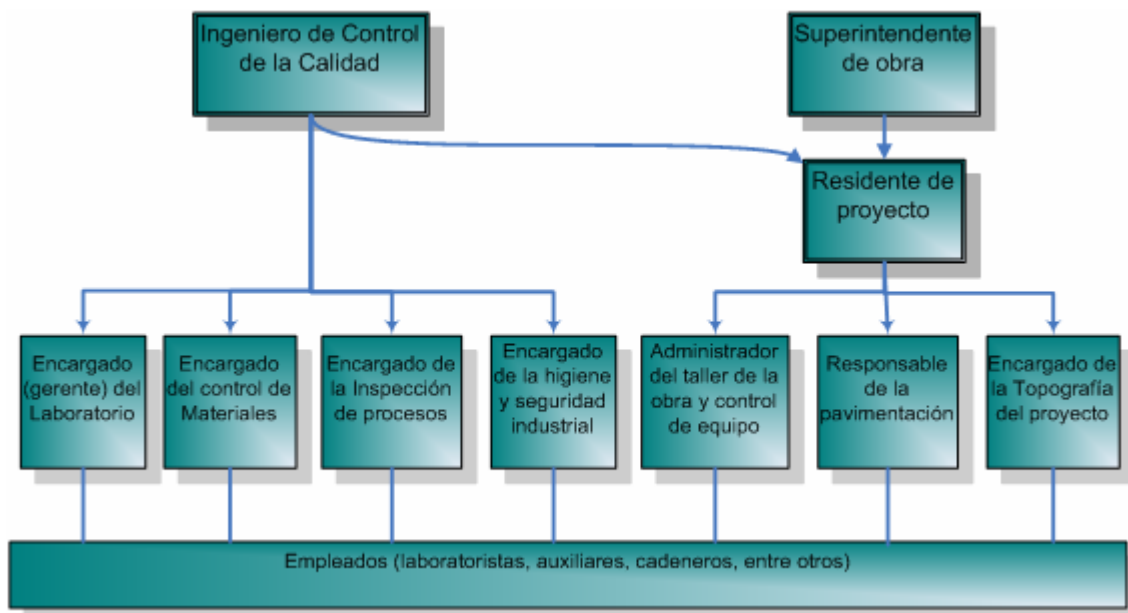
De acuerdo a lo tratado anteriormente, se establece que se elaborará un plan de control de producción y se definen a continuación:

- Su objetivo será la producción, que en este caso es el proceso de construcción.
- Su alcance se ve afectado por las variables que influyen en el objeto de estudio, razón por la cual, será definido en cada elemento o parte del proceso que se esté desarrollando.
- Y su ejecución se realizará en pre-proceso, en-proceso y post-proceso.

### **2.1.3.3 – Quien realiza el control de la calidad**

El control de la calidad debe ser ejecutado por todo el personal involucrado en la construcción de un pavimento elaborado con mezcla asfáltica en caliente y su realización no debe ser limitada solamente a un grupo o persona específica, generalmente denominado grupo de control de la calidad o Ingeniero de control de la calidad, respectivamente. Pero, como toda actividad, este control necesita

ser guiado por un encargado que en este caso es el ingeniero de control de la calidad.



*Figura 2 - 3*

*Organigrama característico del personal encargado del control de la calidad; propuesto para el desarrollo en una obra de construcción de pavimentos. Este puede variar dependiendo de la división interna de una empresa (departamentos) y de los factores que afectan al proceso constructivo, que hayan sido considerados.*

El ingeniero de control de la calidad es auxiliado por un grupo de personas con cierto nivel de conocimiento de temas relacionados con la calidad del proceso constructivo (ver figura 2 – 3), en pocas palabras; debe ser respaldado por un personal clave denominado “Unidad de control de la calidad”. Dichas personas son los encargados de las áreas de: laboratorio, topografía, seguridad e higiene industrial, taller y control de equipo en obra e inspección. Estas en conjunto con las personas encargadas de cada uno de los aspectos de la estructura del pavimento, forman la organización técnica prevista para controlar y dirigir el avance de la obra y su calidad. Una breve descripción del personal delegado a

cada uno de los departamentos mencionados anteriormente, se menciona a continuación:

➤ Ingeniero de Control de la Calidad:

El ingeniero de control de la calidad debe ser una persona con amplios conocimientos acerca de los procedimientos, tanto constructivos como de la calidad, propiedades de los materiales a utilizar, desempeño de la maquinaria utilizada, en resumen; de la forma como los diversos factores afectan la calidad del proyecto de construcción de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente. Además el conocimiento de las diferentes especificaciones y normas utilizadas para el ensayo de los materiales y el desarrollo de las actividades de construcción de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente. Su nivel jerárquico debe ser igual al del Gerente de proyecto.

Debe poseer principios y valores morales bien establecidos, para evitar abusos dentro del desarrollo de la obra en construcción. Además, tiene que poseer habilidades de observación, conocimientos básicos de estadísticas, manejo y utilización de programas computacionales y conocer las capacidades del personal que se encuentra a su servicio.

Su grado de responsabilidad será la siguiente:

- a) Garantizar que la calidad de las obras estén de conformidad con los Planos y Especificaciones
- b) Responsabilidad sobre toda la Unidad de Control de Calidad
- c) Responsabilidad sobre el control de calidad antes y durante la ejecución de las obras
- d) Consultar, elaborar y/o requerir la aprobación de documentos utilizados para enunciar los requisitos del contrato, tales como: desarrollos de procesos y procedimientos, diseños, requisitos, materiales, entre otros.



- e) Verificar la realización de las inspecciones y registros de los materiales de construcción aceptados que se encuentren almacenados o acopiados.
- f) Evaluar, interpretar y analizar los registros de inspecciones y ensayos diarios realizados en el proyecto, si se observa incumplimiento en las especificaciones deberá someter a aprobación las medidas preventivas.
- g) Comparar si las obras están satisfaciendo los requerimientos expresados en las especificaciones del proyecto, si no es así someter a aprobación las medidas correctivas.

➤ Encargado del Laboratorio.

Debe ser una persona con amplia experiencia en la administración de laboratorios de campo, además debe poseer el conocimiento de los ensayos que se realizarán en la construcción de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente, conforme a las normas y especificaciones técnicas. Debe conocer la magnitud del proyecto para comprender la cantidad de personal necesario para desarrollar las actividades, además debe conocer el grado de conocimiento de su personal con respecto a estas; de lo contrario deberá capacitarlos para que puedan desempeñar su trabajo.

Debe poseer, planos de la vista en planta del proyecto para ubicar en ellos, tanto los sitios de acopio de material como los diferentes puntos de muestreo que se realizarán en las capas del pavimento, esto con el fin de comprobar el resultado de los procedimientos constructivos. También, debe conocer los formatos de presentación de la información o modificarlos para facilitar la interpretación de dicha información. Además, debe poseer principios de estadística utilizados para el desarrollo de sus actividades. Asimismo, debe poseer valores morales que impidan la alteración de información obtenida de los muestreos y ensayos.

Su responsabilidad abarca el desarrollo de algunas actividades como:

- a) Realizar un plan para conocer el material que ingresa al laboratorio y al cual se le realizan los ensayos.
- b) Realizar el reconocimiento de las áreas destinadas para los acopios de los materiales y asegurarse que estas sean adecuadas y no estén contaminadas.
- c) Conducir la toma de muestras en los materiales tanto de las zonas de acopio como de los puntos críticos en el proceso.
- d) Ordenar la toma de muestras necesarias a los resultados de procesos.
- e) Realizar el control del material suministrado para la construcción de la sub-base, la base, riego de imprimación y la carpeta de rodadura.
- f) Dirigir los ensayos necesarios para verificar el cumplimiento de las especificaciones.
- g) Presentar y archivar los reportes de los resultados de los ensayos.
- h) Ayudar al ingeniero de control de la calidad, mediante la aportación de soluciones a problemas surgidos en las obras ejecutadas, cuando el resultado de los ensayos se determine el incumplimiento de especificaciones.
- i) Debe controlar el personal del laboratorio e inspectores.

➤ Encargado del control de los materiales

Su compromiso es investigar la calidad de los materiales procedentes de los diferentes bancos de préstamo y los suministrados por las diferentes empresas que los producen. Es importante su coordinación con el encargo del laboratorio para desarrollar un buen control de los materiales. La inspección de los materiales y su correspondiente control se puede realizar en diferentes puntos como:

- En el lugar de producción,
- En el momento de entrega y
- En el lugar de acopio de los mismos.

Para realizar su trabajo debe, conocer los ensayos a efectuar para medir la calidad de los materiales, además de poseer principios básicos de estadística.

Este deberá realizar las siguientes actividades, como parte de su trabajo:

- a) Establecer y mantener procedimientos documentados para asegurar que los productos están conformes con los requisitos especificados.
- b) Realizar el muestreo de los materiales en alguno de los puntos mencionados anteriormente.
- c) Prevenir cualquier desabastecimiento de materiales, por medio del control de su suministro o existencia en el proyecto.
- d) Realizar un control sobre el suministro de los materiales tales como el cemento asfáltico, cemento Pórtland (en caso de estabilización con cemento hidráulico), entre otros. Además de exigir la entrega de sus respectivos certificados de calidad.
- e) Colaborar con el Ingeniero de Control de Calidad en la recopilación, interpretación y elaboración de informes de los ensayos realizados.
- f) Asegurarse que todos los materiales cumplen con las especificaciones y que han sido propuestos para aprobación por medio de documentos.
- g) Asegurar que los productos recibidos no serán utilizados hasta que hayan sido verificados como conformes con los requisitos especificados.
- h) Establecer registros para demostrar que se han realizado las pruebas necesarias, estos registros deben mostrar aceptación o rechazo de los materiales a utilizar de acuerdo a los requisitos establecidos.

➤ Encargado de la inspección de obra

Esta persona debe poseer experiencia en la inspección de los diferentes trabajos que se realizan al momento de la construcción de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente. También debe conocer o elaborar los diferentes formatos para la inspección de los trabajos. Y observar los procedimientos realizados, tratando de mejorarlos o distinguir sus

disconformidades. Debe estar completamente familiarizado con los planos y especificaciones del proyecto. Sus anotaciones deber ser los más exactas posibles, con registros e informes al día.

Entre algunas de sus responsabilidades podemos mencionar:

- a) Establecer y mantener procedimientos documentados de inspección para verificar que los requisitos especificados son alcanzados.
- b) Determinar la intensidad y forma de la inspección en base a la cantidad de control ejercido y registros de conformidad.
- c) Establecer las inspecciones en-procesos para verificar el cumplimiento de los procedimientos realizados en campo; y compararlos con los establecidos en los documentos que expresan los requisitos del proyecto, que son presentados para aprobación.
- d) Establecer las inspecciones finales de acuerdo con el plan de calidad y/o los procedimientos documentados para completar la evidencia de conformidad del producto terminado con los requisitos especificados.
- e) Establecer registros que proporcionen evidencia que se han realizado las inspecciones necesarias, además dichos registros deben mostrar conformidad o disconformidad de la inspección de acuerdo a los requisitos establecidos.

➤ Encargado de la higiene y seguridad industrial

Este debe poseer conocimiento pleno de todos los procedimientos utilizados en la obra, y de esta manera poder evaluar las zonas de peligro y los lugares de mayor problema para el personal, en el desarrollo de los trabajos. También debe conocer la totalidad de los materiales a utilizar, sus características y los ensayos que se le realizarán, para establecer las formas de su manipulación, transporte y protección del personal que estará involucrado.

El conocimiento de aspectos básicos de higiene, es importante para desarrollar el plan de higiene y mejorar el ambiente de trabajo en la obra; esto se debe

aplicar a todos los niveles en la construcción, desde el comedor de la obra, hasta las oficinas de la empresa en el proyecto.

Algunas de las obligaciones en su trabajo son:

- a) Elaborar el plan para establecer la seguridad e higiene en el proyecto.
- b) Cumplir con las condiciones mínimas de seguridad, estas son generalmente establecidas en las especificaciones técnicas de cada proyecto.
- c) Debe coordinar la manera de informar al personal se los aspectos básicos de seguridad e higiene que se implementarán en el proyecto.
- d) Debe establecer el plan a implementar en la prevención de accidentes específicos que puedan ocurrir en la realización de actividades principales.
- e) Debe establecer un mínimo de equipo de protección personal para los trabajadores, que debe existir en la obra.
- f) Informar de los aspectos anormales observados en la obra.
- g) Hacer cumplir lo establecido en el plan de seguridad e higiene en el proyecto, debe ser su objetivo principal.

➤ Administrador del taller de la obra y control de equipo

Poseer conocimientos de dibujo técnico elemental para la interpretación de planos de estructuras y dibujos de secciones de equipos; es básico para el desarrollo de su trabajo. Debe tener un plano completo del proyecto, y seleccionar de esta manera los lugares destinados para colocar los diferentes talleres de obra. Además, debe conocer todo el equipo, que se encuentra en el lugar de obra y que es utilizado para el desarrollo de las diferentes actividades.

Debe conocer las propiedades de los equipos que se utilizan en los talleres de obras, su vida útil, periodos de mantenimientos, entre otros. También debe conocer los materiales utilizados en dichos talleres y sus propiedades. Algunos de sus deberes son los siguientes:

- a) Verificar la aplicación de procesos aceptables en taller para fabricar artefactos utilizados en la construcción,
- b) Controlar el mantenimiento, de los equipos utilizados en la construcción,
- c) Observar el desempeño del personal, que se encuentra a su disposición y que desarrolla diversos trabajos como, reparaciones de equipo, manufactura de elementos, entre otros.

➤ Responsable de la pavimentación

Poseer conocimientos de propiedades de materiales, su comportamiento cuando son expuestos ante trabajos mecánicos y los diferentes procedimientos de trabajos de terracería, son características especiales de la persona encargada de la terracería del proyecto. También debe poseer conocimientos acerca de los diferentes equipos utilizados o que se utilizarán.

Debe controlar los trabajos de terracería y procesos de construcción de las diferentes capas de la estructura del pavimento, que se desarrollan en la construcción de un pavimento elaborado con mezclas asfálticas en caliente. Así como, registrar la maquinaria que se está utilizando en las diversas actividades y verificar si su capacidad es suficiente para suplir el trabajo realizado.

Como parte de su responsabilidad, podemos mencionar algunas actividades que debe realizar, tales como:

- a) Planificar la jornada de trabajo, para el desarrollo de las actividades de construcción de las diferentes partes de la estructura del pavimento.
- b) Verificar el funcionamiento de la maquinaria y equipo utilizada para el desarrollo de las actividades de construcción de cada una de las capas estructurales del pavimento.
- c) Solicitar, observar, medir y registrar los factores climatológicos, que afectan el desarrollo de las actividades de construcción.

- d) Establecer procedimientos documentados de las actividades a ejecutar y entregarlos para su respectiva revisión, a las personas encargadas de su aprobación.
- e) Garantizar la finalización de los trabajos realizados previamente, en el área destinada para trabajo presente.
- f) Controlar cada una de las actividades del proceso de construcción de la sub-base, base y carpeta de rodadura y sus respectivos factores.
- g) Controlar la construcción del riego de imprimación por medio de factores tales como temperatura del material, tasa de riego, cubrimiento total de la superficie, entre otros.
- h) Asegurarse que el área de colocación de la mezcla asfáltica para la capa de rodadura, este debidamente preparada, además del chequeo de las propiedades de todas las capas antes de la colocación como lo son: niveles, calidad del material, pendientes, entre otros.

➤ Encargado de la Topografía del proyecto:

Es preciso que conozca todas y cada una de las técnicas utilizadas para realizar las diferentes mediciones, necesarias para el desarrollo de las actividades. Además de las tolerancias permisibles descritas en las especificaciones del proyecto.

Debe poseer una copia de todos los planos topográficos utilizados en el proyecto. Como parte de su responsabilidad se muestra el desarrollo de algunas actividades como las siguientes:

- a) Coordinar el levantamiento topográfico del proyecto
- b) Asegurar que la calibración de los equipos de topografía sea el adecuado antes de iniciar los levantamientos topográficos.
- c) Entregar a la Supervisión para su chequeo todos los bancos de marca y los mojones para el control horizontal y vertical

- d) Establecer bancos de marca adicionales según convenga para la ejecución de los trabajos
- e) Resolver cualquier inexactitud encontrada en los planos.
- f) Asegurarse que los trabajos topográficos se ejecuten en forma apropiada.

### **2.1.4 – Metodologías Acerca de la Calidad**

En la actualidad y en diferentes sectores de la construcción, las constantes exigencias por parte de los clientes y la evolución de la tecnología en general necesita el desarrollo y la aplicación de nuevos conceptos acerca de la calidad, esto nos hace reflexionar y darnos cuenta que la planeación de la calidad empieza con la identificación de los clientes, la determinación de sus necesidades y el desarrollo de características del producto que respondan a estas necesidades. Lo que nos lleva a observar nuevas formas de ver el trabajo al interior de las empresas; uno de ellos y muy aceptado, es la idea del **establecimiento de relaciones internas** el cual determina que el principio de la siguiente parte del proceso es el cliente, este, observa el proceso de fabricación al interior de las empresas, o sus áreas; como mini empresas trabajando en cadena interactuando entre sí, cuyo objetivo es determinar que en cada área exista la calidad para producir y a la vez este debe satisfacer a su cliente interno con la calidad que necesita.

Pero además de aplicar teorías como la mencionada anteriormente, debemos tener en cuenta que existen muchos otros factores que debemos tener en cuenta al momento de crear y efectuar el control de la calidad en cualquier proyecto de construcción. Dichos factores son los siguientes:

- La variabilidad.
- Las características de la calidad
- Limites de las especificaciones
- Niveles de la calidad
- Riesgo
- Factor de pago



Estos factores son fundamentales para establecer las bases del control, ya que, si no los tomamos en cuenta pueden ser causa de equivocaciones o deducciones erróneas al momento de desarrollar dicho control. Además hay que considerar los diferentes métodos e instrumentos que se pueden utilizar en el desarrollo de un plan de control de la calidad; y con las que se analizan las diferentes variables que influyen en el proceso de producción. A continuación se mencionan algunas de ellas:

#### METODOS:

- ↪ Técnica de las 5 w: Esta es una técnica utilizada para ordenar las ideas y determinar las variables de estudio en un sistema o problema. Esta técnica definen los pasos que se deben implementar para desarrollar el análisis del control de la calidad; el significado de cada “W” se muestra a continuación:

What? (que): definir “que” voy a controlar.

Who? (quien): definir “quien” lo controlará.

Way? (manera): de que “manera” se controlará.

Where? (donde): en que etapa o lugar se realizará el control

When? (cuando): definir “cuando” se controlará, tiempo, periodo, otros.

- ↪ Técnica de los 5 por qué: Es una técnica sistemática de preguntas utilizadas durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema. Su utilización se implementa en las principales ideas que se tienen acerca de las causas de un problema.
- ↪ Lluvia de ideas (brainstorming): Esta técnica es muy conocida e implementada, su utilización tiene el fin de generar ideas relacionadas a temas, conceptos, causas y otros; acerca de un problema determinado.
- ↪ Además de los métodos previos, se puede encontrar otros de mucha aplicación. Pero en la presente investigación solamente se tratarán los

mencionados anteriormente, por considerarse de fácil aplicación en lo relacionado a la construcción de pavimentos flexibles.

#### INSTRUMENTOS:

- Medidas de tendencia central y dispersión: Son muy conocidas y utilizadas en todos los campos de la investigación debido a que forman la base para los análisis sencillos del estudio de la variabilidad; las de utilización común son: la media, mediana y moda (tendencia central); la desviación estándar, varianza y el rango (dispersión).
- Histogramas: Es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión.
- Estratificación: Es una estrategia de clasificación de datos de acuerdo con variables o factores de interés, de tal forma que en una situación dada se facilite la identificación de las fuentes de la variabilidad.
- Diagrama de Pareto: Es un tipo de gráfico de barras, en el cual cada barra dibujada representa uno de los principales problemas que se observan en el objeto de estudio; ya sea este el desarrollo de un proceso, incumplimiento con especificaciones, entre otros.
- Hoja de Registro (o verificación): Herramienta utilizada para recolectar y registrar datos. Son diseñadas para determinar con que frecuencia ocurren ciertos eventos.
- Diagrama de Afinidad: Es una forma de organizar la información reunida en sesiones de lluvia de ideas. Su objetivo es agrupar aquellos elementos (ideas) que están relacionados de forma natural.
- Diagrama de Causa y Efecto: El diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa es un método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad (muchas veces un área problemática) y los

posibles factores que contribuyen a que exista. En otras palabras, es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales.

- Diagrama de Flujo: Representación pictórica de los pasos en un proceso, desde su inicio hasta su final. Este es útil para determinar como funciona realmente el proceso para producir un resultado.
- Análisis de Campo de Fuerzas: Se puede utilizar en cualquier momento que se espere un cambio significativo, esta ayuda a determinar hasta donde el cambio puede ser difícil.
- Checklist (Lista de chequeo): Es una técnica utilizada cuando se tiene un objetivo definido y se quiere ordenar las ideas que han sido obtenidas en una investigación; dicha técnica tiene muchas aplicaciones, pero las más utilizadas en el control de la calidad son las siguientes:
  - Para la Reunión de Datos: En este caso ofrece un acercamiento para la reunión de datos y poder cumplir con una necesidad específica. Nos ayuda a estipular como estamos progresando en nuestro proceso de reunión de datos.
  - Para la Definición de Problemas: Es utilizada para ayudar a definir un problema y organizar las ideas, identificando información específica que se requiere para completar la descripción de dicho problema.
- Diagrama de Distribución (Dispersión): Herramienta de análisis que dibuja pares relacionados de variables para presentar un patrón de relación o de corrección. El resultado es un numero de puntos que pueden ser analizados para determinar si existe una relación significativa o “correlación” entre dos variables.
- Cartas de control: Es una herramienta cuya función “es observar y analizar gráficamente el comportamiento sobre el tiempo de una variable de un producto, o de un proceso, con el propósito de distinguir en dicha

variable sus variaciones debidas a causas comunes de las debidas a causas especiales (atribuibles)<sup>14</sup>.

Alguna de las herramientas mencionadas anteriormente, serán tratadas con mayor detalle en el punto 2.4 del presente capitulo.

### **2.1.5 – Definición de Proceso Constructivo**

Definir y entender que se va a controlar, es de mucha importancia para orientarse al fin que se persigue. En este caso en particular se tratará la definición de lo que se entiende por Proceso Constructivo y las variables que se propone estudiar, para mantener dicho proceso bajo control. Pero antes de definir que es proceso constructivo, debemos especificar una serie de conceptos que nos permitirán comprender dicho término; estos son los siguientes:

**Proceso:** Serie de operaciones y procedimientos que hace avanzar el producto hacia su tamaño, forma y especificaciones finales.

**Producción:** Es el proceso de convertir los recursos de una organización, en bienes y/o servicios.

**Sistema de Producción:** Es el conjunto de todas las actividades y operaciones interrelacionadas que intervienen para producir bienes y servicios.

**Proceso constructivo o fabricación,** aquel sistema de producción en el cual se transforma la materia (bruta o prima) y los recursos de una organización, bajo ciertas especificaciones, para convertirse en obra civil para su uso.

En cualquier proceso, hay dos aspectos importantes ha que tener en cuenta, como:

La eficacia: Capacidad para alcanzar los resultados deseados<sup>15</sup>.

La eficiencia: Resultado alcanzado con los mínimos recursos utilizados<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> Calidad total y productividad, Humberto Gutiérrez Pulido, México D. F., 1997

<sup>15</sup> Norma ISO 9001, edición año 2000.

Estos aspectos miden el nivel de desempeño del proceso y su mejora con respecto al utilizado anteriormente. En el proceso de construcción, se presentan una serie de variables que afectan su desarrollo como: la calidad de los materiales empleados, el método (procedimientos) de construcción propuesto para realizar la construcción, entre otros. Pero a la vez se encuentran algunos problemas para el desarrollo del proyecto; tal es el caso de la necesidad de cumplir con programas de desarrollo de obras estrictos, que pueden provocar descuidos e inexactitud en los trabajos, etc.

Lo anterior permite observar que existen ciertos factores que afectan la variación en el resultado del proceso constructivo (ver figura 2 – 4). Estos factores propuestos son los que se estudiarán mas adelante en la presente investigación y serán la base para el análisis y elaboración de los procedimientos de la calidad.

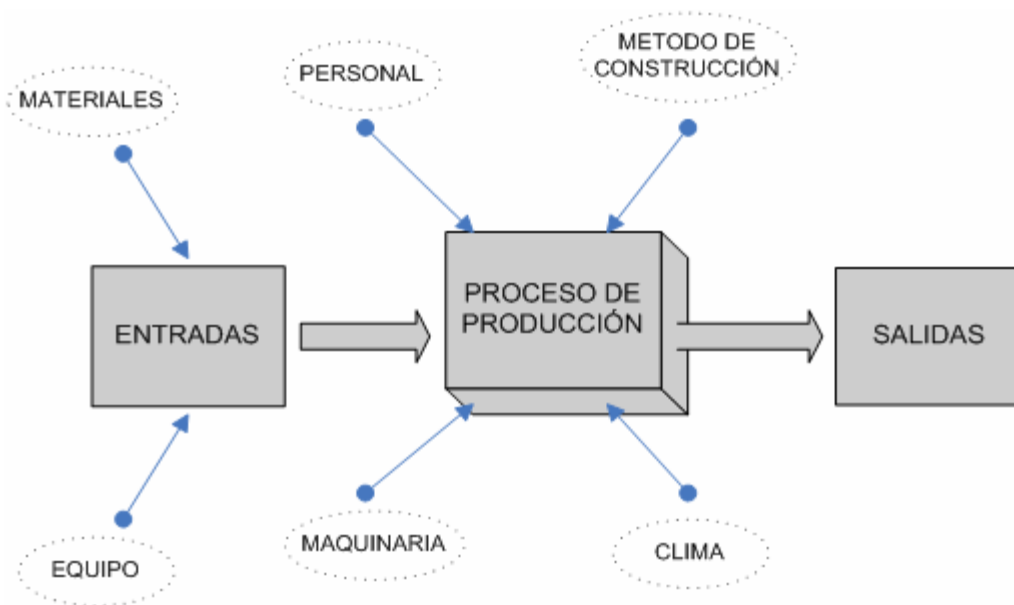


Figura 2 - 4

*Diagrama de proceso de producción común, de forma general y los factores que influyen en la variabilidad del mismo.*<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Imagen obtenida y modificada del libro Administración y control de la calidad, James R. Evans

## **2.2 – DESCRIPCION DEL PRODUCTO**

No se puede hablar acerca de cómo controlar la construcción de un producto sin no conocemos como es (forma, características y propiedades), como se produce y que necesidades debe cumplir el mismo. Es por esta razón que en este punto se abordarán los aspectos necesarios que se deben conocer para lograr el objetivo que se persigue, el cual es el control de la calidad de lo producido.

Hay que tener muy presente que parte de la información es proporcionada por la persona o cliente que solicita dicho producto, quien en última instancia es la que define las necesidades que el producto debe cumplir o satisfacer, de acuerdo al uso que se le dará (especificaciones especiales). La otra parte de la información se obtiene de bibliografía general, de acuerdo al método de construcción utilizado, especificaciones y normas generales a utilizar, entre otras.

Con esto empezaremos a definir que es un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente y la función principal que este debe desempeñar, su composición, características funcionales, entre otras.

### ***2.2.1 – Pavimento Definición***

Diferentes autores han expresado diversas definiciones de lo que es un pavimento, pero en nuestro caso tomaremos la siguiente definición:

Pavimento “es la estructura que descansa sobre el terreno de fundación o sobre una obra (sub-rasante), dicha estructura se encuentra formada por una capa o conjunto de capas de materiales apropiados, con la finalidad de transmitir a la sub-rasante los esfuerzos producidos por el estacionamiento o circulación de personas y vehículos; proporciona una superficie resistente a la acción del tránsito, al intemperismo y otros agentes; además debe cumplir las

características geométricas para que los vehículos puedan circular con comodidad y seguridad”<sup>17</sup>

La función principal de un pavimento, es proporcionar una superficie de rodamiento capaz de resistir a la acción del tráfico y soportar los factores causados por el intemperismo y otros agentes perjudiciales.

Entre las características funcionales de un pavimento podemos citar las siguientes:

- Regularidad superficial, que afecta la comodidad de los usuarios y la resistencia de la estructura del pavimento.
- Resistencia al deslizamiento a través de una adecuada textura superficial, adaptada a las velocidades de circulación previstas, lo que es decisivo para una adecuada seguridad vial.
- Reflexión luminosa, tan importante para la conducción nocturna y para el proyecto de instalaciones de iluminación.

Los pavimentos pueden ser clasificados de acuerdo a su superficie de rodamiento, esta también define las capas de material que componen la estructura. Dicha clasificación es la siguiente:

1. Pavimentos Flexibles
2. Pavimentos Rígidos

El presente estudio toma como base para su desarrollo, los pavimentos flexibles, razón por la que se hará una descripción mas profunda de este tipo de pavimentos a continuación.

### **2.2.2 – Pavimentos Flexibles**

Son estructuras que se construyen sobre una superficie sub-rasante o terracería compactada, están constituidos por varias capas de materiales cuyos elementos son una combinación de agregados minerales y aglutinantes bituminosos, dichas capas deben tener la resistencia necesaria para soportar el tráfico,

---

<sup>17</sup> Apuntes de cátedra “Ingeniería de Pavimentos Rígidos”, Ing. Alfredo Gaviria, Universidad de El Salvador (UES), 2004.

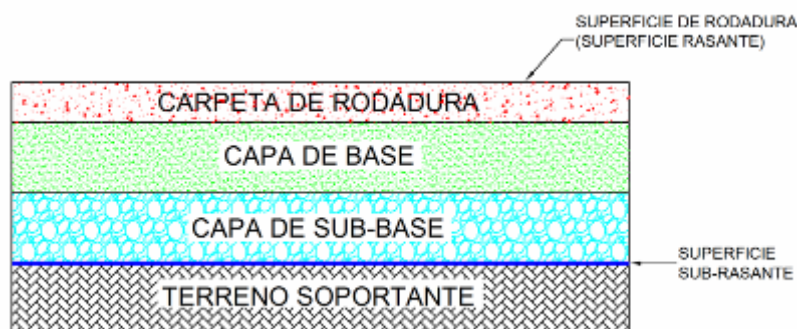
producto del cual la resistencia a las deformaciones será de forma decreciente con la profundidad. Además su estabilidad depende del entrelazamiento de los agregados, de la fricción entre las partículas y de la cohesión de las mismas. De este modo, “el pavimento flexible, clásico, comprende en primer lugar a aquellos pavimentos que están compuestos por una serie de capas granulares rematadas por una capa de rodamiento, asfáltica, de alta calidad y relativamente delgada.”<sup>18</sup>

### **Composición de la estructura de un pavimento asfáltico.**

La estructuración de éste tipo de pavimentos está compuesta por capas de materiales, las cuales reciben la siguiente denominación de abajo hacia arriba:

- a- Sub-base
- b- Base
- c- Carpeta de Rodamiento.

De acuerdo a las especificaciones “FP”, se define la estructura del pavimento como: “La combinación de sub-base, base, y capa de rodadura colocados sobre la sub-rasante (figura 2 – 5), que soporta y distribuye las cargas de tráfico a la capa de terreno”.



*Figura 2 - 5*

*Composición o estructura básica de un pavimento flexible.*

<sup>18</sup> Actualización de costos de construcción y de mantenimiento, Miguel Alfredo Guzmán , Tesis UPES, año 1995.



A continuación se mencionan cada una de las capas que forman la estructura del pavimento flexible, de acuerdo al manual de especificaciones de la Secretaria de Integración Centroamericana (SIECA), además el terreno soportante.

**Terreno soportante:** Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto<sup>19</sup>.

**Sub-rasante:** superficie superior de la capa de terreno sobre la cual se construye la estructura del pavimento, hombros, y cunetas<sup>20</sup>.

**Sub-base:** Es la capa o capas de material colocado sobre una sub-rasante para soportar la base<sup>20</sup>. Esta parte de la estructura del pavimento puede ser excluida (en el diseño) dependiendo de la capacidad de soporte que posea el terreno soportante. Una función importante es romper la capilaridad (del agua), impidiendo la infiltración del agua subterránea a la capa de base y evitando de este modo el deterioro del pavimento.

Hay diferentes tipos de Sub-base, entre las que podemos mencionar las siguientes:

- Sub-base granular: Este tipo está compuesta por material selecto que posee agregados tanto finos como gruesos.
- Sub-base Estabilizada (con cemento): es la compuesta por una mezcla de agregados y cemento hidráulico o algún otro material estabilizante como pueden ser cal, aditivos, etc.

**Base:** Es la capa o capas de material colocado sobre una sub-base o sub-rasante para soportar la superficie de rodamiento<sup>20</sup>. Esta es una parte muy importante de la estructura del pavimento. Apoyándose en algunos casos en la

---

<sup>19</sup> Tomado del Manual de la Secretaria de Integración Económica Centroamericana, edición año 2001

<sup>20</sup> Tomado de las especificaciones normalizadas para la construcción de caminos y puentes en proyectos federales de carreteras; por sus siglas en inglés FP.

capa de sub-base y en otros en el terreno soportante, soporta las cargas de tráfico y las distribuye a las capas inferiores y de esta manera al terreno natural. Hay diferentes tipos de Base, entre las que podemos mencionar las siguientes:

- Base Estabilizada (con cemento): es la compuesta por una mezcla de cemento hidráulico y agregados. También denominada como base blanca.
- Base Negra: esta compuesta por una mezcla de materiales asfálticos, que actúa como agente ligante, y material selecto que posee agregados tanto finos como gruesos.
- Base granular: Este tipo de base esta compuesta por material selecto que posee agregados tanto finos como gruesos.

**Rodadura o Superficie de rodamiento:** Es la capa superior de la estructura de un pavimento, diseñada para soportar las cargas del tránsito y resistir el deslizamiento de los vehículos y la abrasión que ellos producen, así como el intemperismo<sup>20</sup>.

La superficie de rodamiento debe tener capacidad para resistir el desgaste y los efectos abrasivos de los vehículos en movimiento y poseer suficiente estabilidad para evitar daños por el impulso y las rodadas bajo la carga de tránsito. Además, sirve para impedir la entrada de cantidades excesivas del agua superficial a la base y a las terracerías directamente desde arriba<sup>21</sup>.

La superficie de rodamiento o carpeta de rodadura, de un pavimento flexible, puede ser de diferentes tipos, los cuales se muestran a continuación:

1. Mezclas asfálticas en caliente
2. Mezclas asfálticas en frío (con asfaltos rebajados o emulsiones)
3. Tratamientos superficiales.

El objeto de estudio de la investigación serán los pavimentos flexibles especialmente que posean una superficie de rodadura elaborada con mezcla

---

<sup>21</sup> Rehabilitación de pavimentos, trabajo de investigación de la cátedra Pavimentos asfálticos, 2004

asfáltica en caliente. Razón por la cual no se mencionará los demás tipos de superficie de rodamiento; a continuación se expone el concepto de Mezcla asfáltica en caliente:

“Mezcla agregado-asfalto producido en un tambor u horno de fácil mezclado donde deben ser revueltos mientras se encuentran a una elevada temperatura. Para secar los agregados y obtener fluidez suficiente del cemento asfáltico, ambos deben ser calentados antes de mezclarlos – esto da origen al término "mezcla en caliente"<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> Traducción obtenida de “the asphalt handbook” del “Asphalt Institute”. Manual “MS-4”, Edición 1989

## 2.3 – ESPECIFICACIONES Y NORMAS TECNICAS

Términos tales como especificaciones y normas son conceptos frecuentemente utilizados en el ámbito de la ingeniería civil; su importancia es fundamental para la ejecución y desarrollo de las actividades en una obra de construcción. La definición de estos términos se presenta a continuación:

**Especificaciones:** Es “la expresión aplicada a aquellas reglas, disposiciones y requisitos, relativos a la ejecución de la obra.”<sup>23</sup>.

Las especificaciones son documentos tanto contractuales como fijados al momento de la ejecución de la obra, muy importantes en las obras de Ingeniería Civil, en las que se explican y mencionan aspectos (contractuales, de procesos, productos y materiales) que son parte de un proyecto; además, expresan valores de tolerancia para ciertos materiales y productos relacionados con la construcción.

**Norma:** Es una “regla que determina y establece las condiciones de realización de una operación y la forma como se debe efectuar”<sup>23</sup>.

Las normas son procedimientos específicos y estandarizados; que se utilizan para la realización de ciertas pruebas y ensayos de control de la calidad.

En la actualidad las especificaciones y normas son las bases para la realización de una parte del proceso de control de la calidad en la construcción llegando a formar parte importante del mismo. Además, no se debe olvidar que los valores proporcionados por estas solo indican parámetros esperados, no proporcionan la verdad absoluta; razón por la cual, solamente deben de interpretarse como una guía de comparación.

---

<sup>23</sup> “La evolución en la calidad de la construcción”, artículo publicado en Internet, [www.construccionesciviles.com](http://www.construccionesciviles.com)

Las especificaciones y normas principales, en las cuales están basados los estudios y ejecuciones de los proyectos de carretera que se llevan a cabo en el territorio salvadoreño son las siguientes:

**Especificaciones:**

Especificaciones normalizadas para la construcción de caminos y puentes en proyectos federales de carreteras “FP”; edición del año 2003 (Standard Specifications for construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects)

Especificaciones para la construcción de Carreteras y Puentes Regionales (de la Secretaría de Integración Económica Centro Americana: SIECA, edición del año 2002).

Sociedad Americana para ensayos y materiales; por sus siglas en ingles ASTM (American Society for Testing and Materials, edición del año 2003)

Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales para el Transporte; por sus siglas en ingles “AASHTO” (American Association of State Highway and Transport Official, edición del año 2004)

**Normas:**

Sociedad Americana para ensayos y materiales; por sus siglas en ingles ASTM (American Society for Testing and Materials, edición del año 2003)

Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales para el Transporte; por sus siglas en ingles “AASHTO” (American Association of State Highway and Transport Official, edición del año 2004)

**Clasificación**

Las especificaciones se pueden clasificar, según el manual centroamericano de la SIECA, de la siguiente manera:

**Generales:** son explicaciones de aplicación común y muy utilizadas, donde se enuncia la forma de realizar un trabajo, las características o propiedades que deben poseer ciertos materiales, entre otros.

**Especiales:** Son el complemento y/o revisión de las especificaciones generales, que abarcan las condiciones peculiares de una obra individual.

**Suplementarias:** las adiciones y revisiones a las especificaciones normales, que son acogidas como estándares posteriormente a su publicación.

### **Nomenclatura.**

La forma de citar o denominar a las especificaciones y normas que se utilizan comúnmente en el área de la construcción, varían entre las diferentes especificaciones y normas que existen. Pero algunas mantienen un patrón similar entre ellas. A continuación se muestra la manera en que se denominan las especificaciones y normas de la ASTM y AASHTO; que utilizaremos en nuestro estudio. Citamos un ejemplo específico de cada una de las anteriores, a continuación:

ASTM D 75 – 87

AASHTO T 209 – 99 (2004)

Las primeras siglas distinguen a la organización que ha elaborado dicha norma. La designación de la norma se realiza por medio del primer número, y la letra que le precede, dicha letra se refiere a la sección que pertenece; El número que sigue a la designación indica el año de adopción original o, en caso de revisión, el último año de revisión. Un número en paréntesis indica el año de la última re-aprobación.

En el caso de las especificaciones elaboradas por la SIECA y por la Federal Highway Administration (conocidas como especificaciones “FP”), se designan de manera diferente. A continuación se muestran ejemplos de cada una de estas:

Sección 703.05 del manual de especificaciones de la SIECA.

Sección 403.02 de las especificaciones “FP”

Primero se enuncia la sección a la que pertenece la especificación y luego se cita la organización que la ha elaborado.

Algo muy importante, que debemos tener en consideración es lo siguiente:

Entre todas las especificaciones y normas mencionadas anteriormente y utilizadas para ejercer el control de la calidad de la obra construida, hay algunas de las cuales se asemejan demasiado y provocan duda acerca de cual norma o especificación rige entre todas las demás. Razón por la cual muchas personas se amparan en las especificaciones o normas de acuerdo al criterio de rangos más cortos, el valor mínimo mayor o mayores exigencias de valores de aceptación con respecto a las demás (la que mejora el proceso constructivo, con respecto a las demás); lo que se conoce como "Criterio de la más confiable". Aunque esto proporciona cierta sensación de tranquilidad por sobrepasar los requisitos esperados; a la vez produce cierto grado de pérdida económica al invertir más dinero para hacer cumplir en exceso los parámetros establecidos.

Como hemos mencionado anteriormente, las especificaciones y normas son documentos de mucha importancia en la ejecución de un proyecto; estos documentos son actualizados y reeditados cada cierto tiempo, dicho tiempo es determinado por la organización, asociación o sociedad encargada del estudio de los mismos.

Las actualizaciones de dichos documentos consisten en:

- La revisión de los parámetros mencionados en las especificaciones para materiales y mezclas,
- Revisión de los procedimientos descritos por las normas de ensayo,
- Re-aprobación, suspensión o modificación de algunas especificaciones y normas,
- Creación de normas provisionales.
- Creación de especificaciones y normas basadas en nuevos parámetros y ensayos, respectivamente, o en la extensión de normas anteriores.

## 2.4 – CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD

Un proceso que trabaja sólo con causas comunes de variación se dice que está en **control estadístico**, independiente que su variabilidad sea mucha o poca; tomando en cuenta que esta es prescindible para el trabajo que se está ejecutando.

El control de la calidad a partir de datos o experiencias anteriores es un aspecto que siempre ha estado presente en la construcción, pero de manera empírica; su práctica se ha llevado a cabo de manera inconciente y somera, esto se puede observar al momento de tomar decisiones a partir de la simple observación de los resultados, aunque (solamente es un aspecto intuitivo) en muchas ocasiones a dado resultado, siendo adoptado y observado como algo cotidiano. Pero el hecho que algunos de los resultados sean aceptados, no implica que la utilización de esta forma de actuar sea la correcta. Lo mejor es actuar bajo soluciones obtenidas del análisis de los resultados mediante conocimientos establecidos y demostrados, evitando dejar las cosas al azar.

Lo expresado anteriormente es la idea básica de la aplicación de la estadística al control de la calidad, y la cual se ve reflejada en su concepto que expresa al control estadístico de la calidad como: “el empleo de conocimientos y técnicas estadísticas aplicadas en el estudio de propiedades y/o características que poseen los factores que influyen en un proceso”<sup>24</sup>.

De manera sencilla se puede expresar que el control estadístico de la calidad es la utilización de la estadística para el desarrollo del control de la calidad.

Una segunda explicación se refiere al control de la calidad en un proceso, a través del manejo de los conocimientos y técnicas estadísticas, estudiando de esta manera la forma de actuar de las variables que influyen en dicho proceso; logrando así la prevención en la presentación de problemas con ayuda de la información obtenida.

---

<sup>24</sup> Control de la calidad y Estadística industrial, Acheson J. Duncan



Si observamos con detenimiento lo mencionado anteriormente, podemos darnos cuenta que hay dos términos importantes para lograr la realización del control estadístico de la calidad; estos términos son: la obtención de la información y el análisis de los resultados

### **2.4.1 – Obtención de Información**

Para lograr la solución de un problema importante desde su origen, es necesario poseer información sobre el mismo, que permita identificar cuándo, donde y bajo que condiciones se origina tal problema, y con qué magnitud; es decir, es necesario encontrar su regularidad estadística y sus fuentes de variabilidad. De igual forma, cuando se va a tomar una decisión o a ejecutar una acción es necesario contar con información bajo la cual se apoyen y mediante la cual estas acciones sean factibles. Algunos problemas relacionados con la obtención de la información son los siguientes:

- Obtención de datos sin un propósito claro e importante.
- Obtención de información para validar decisiones previamente tomadas. Sólo tomando en cuenta la información favorable (poco representativa o sesgada).
- El establecimiento de los objetivos de un plan de muestreo
- Establecer cómo, cuándo, quién y dónde se recogerá la información requerida.
- Tabúes y errores sobre el papel que realiza la estadística en la obtención de la información: tamaño de la muestra, confianza estadística y aleatoriedad.

De lo anterior se deduce que antes de obtener información sobre cualquier problema o situación, lo que se debe tener muy claro y definido es el objetivo que se persigue y el tipo de acción o decisión que se desee tomar, además del tiempo y los recursos de que se dispone. Ello llevará a ubicar mejor el

problema y determinar el tipo de información necesaria para localizar su causa o raíz.

Una vez localizado el problema, definidos los objetivos perseguidos e identificado el tipo de información necesaria, surgen las siguientes interrogantes: ¿Cómo obtener la información necesaria, en qué cantidad y cómo analizarla? Las respuestas a estas interrogantes son obtenidas mediante la estadística a partir de aspectos como: el objetivo que se persigue, el tipo de acción y decisión a tomar, el tiempo y los recursos que se disponen para abordar el problema.

El objetivo principal de la utilización de la estadística en el control de la calidad es apoyar (o cimentar) la toma de decisiones (Figura 2 – 6), también satisfacer ciertas necesidades de información sobre una población o proceso.

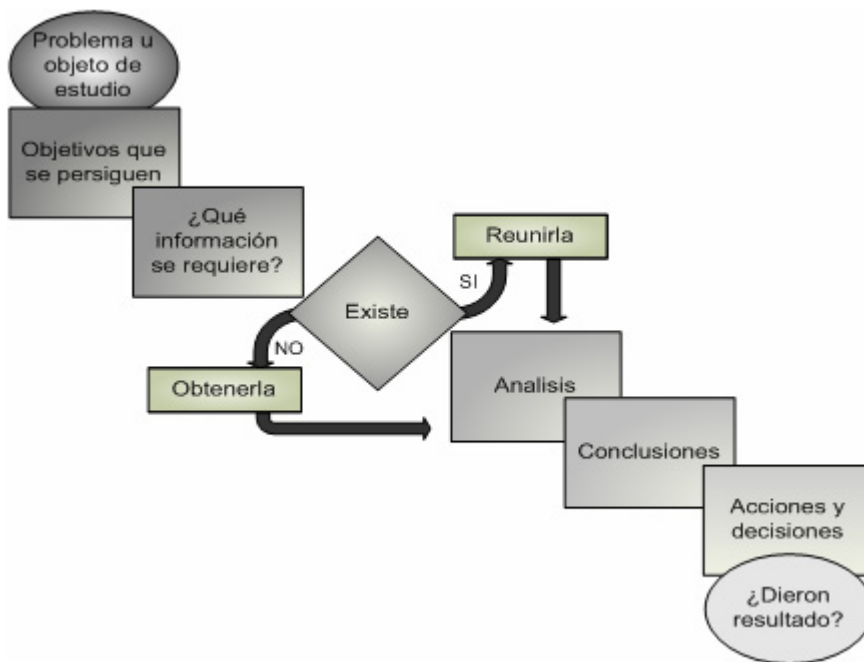


Figura 2 - 6

*En la figura anterior se pueden observar los pasos a seguir para una correcta planeación de la solución de los problemas o toma de decisiones.<sup>25</sup>*

<sup>25</sup> Imagen tomada y modificada del libro “Calidad total y productividad”, Humberto Pulido

### **2.4.2 – Métodos de Muestreo.**

Los conceptos, de “lote” y “muestra”, marcan el principio para el proceso de obtención de información, razón por la cual se indica su significado a continuación:

**Lote:** es la cantidad de producto que es tomada para ser juzgada aceptable o inaceptable en base a un muestreo (Figura 2 – 7). Su tamaño se define en términos del tiempo, de la producción o del área y su utilización.

**Muestra:** es la cantidad de material, objetos o información obtenida de un lote (del mismo), y a la cual se le realiza un determinado número de pruebas y ensayos, para conocer sus propiedades, determinando de esta forma su nivel de calidad (Figura 2 – 7).

**Muestreo:** es la actividad llevada a cabo para seleccionar o escoger muestras representativas de la calidad o de las condiciones medias que posee un conjunto o lote específico (Figura 2 – 7).

El muestreo es una de las principales actividades utilizadas para el desarrollo del control de la calidad; su importancia es significativa, ya que ayuda a la obtención de información puesto que entre mejor información se tenga, habrá más posibilidades de que la decisión a tomar sea acertada, en caso de presentarse un problema en el proceso. Para lograr una buena información se requiere representatividad de la muestra de forma que refleje las principales características del objeto en estudio.

El manual de especificaciones creado por la SIECA en su sección 154 “muestreo y ensayos”, hace una pequeña descripción de la acción de muestreo y menciona los requisitos que este debe cumplir, al momento de su aplicación en la obra.

Crear que el tamaño de una muestra, su forma de selección (método de muestreo), entre otros; se encuentra determinada por medio de formulas, es un error, estos factores deben ser determinados por el problema mismo: población, objetivos, tipo de decisión y recursos económicos.

Citamos el siguiente ejemplo para una mejor comprensión de lo antes mencionado:

En una bodega se encuentran 5000 bolsas de cemento (población) y lo único que se desea saber es de qué tipo son estas. Es impráctico revisar todas las bolsas, por lo que es necesario tomar una muestra representativa para conocer los tipos de cemento. De aquí surge la incógnita básica: ¿Cuántas bolsas seleccionar y cómo elegir las?

Para responder a la primera parte de la interrogante; esto depende de los datos a obtener: si de antemano se sabe que solamente hay un tipo de cemento, bastaría tomar una bolsa, mediante cualquier método. Si se sabe que hay dos tipos, el número mínimo a tomar sería dos, pero es probable que no sea suficiente, porque podría darse el caso que las dos unidades extraídas sean del mismo tipo de cemento. A medida que haya más tipos será necesario un mayor tamaño de muestra, para captar todas las variantes de los tipos de cemento.

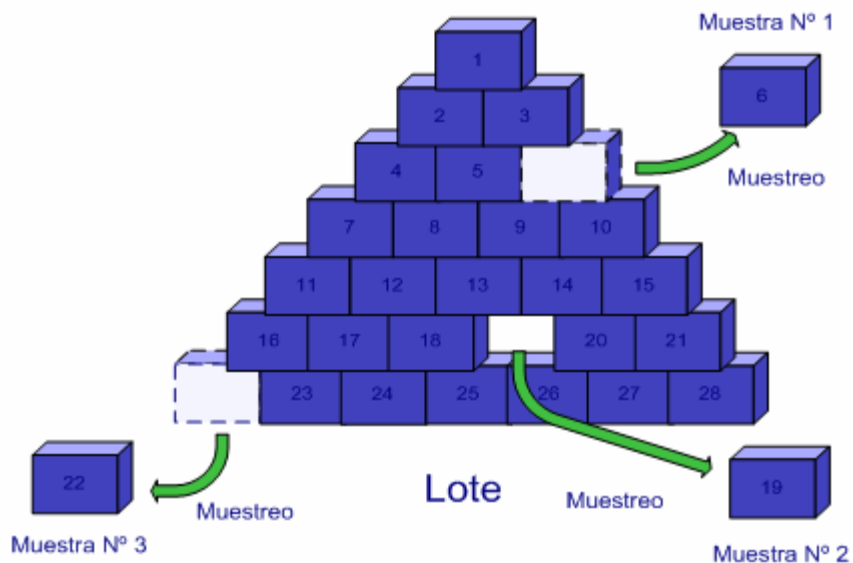


Figura 2 - 7

*Diagrama esquemático, que muestra la relación entre lote, muestra y muestreo; ya sea de un material, objeto o información obtenida de un proceso.*

La respuesta de la última parte de la pregunta citada; con respecto a cómo elegir las bolsas, depende de diversos criterios: si sólo hay un tipo de cemento, mediante cualquier método; pero si hay varios tipos, el método de extracción dependerá de cómo se distribuyen las bolsas en cuanto al tipo (características de interés). Si los tipos de cemento están uniformemente distribuidos, las bolsas se pueden obtener al azar: recorriendo el almacén y tomando una bolsa en cualquier punto; pero si los tipos están distribuidos por capas o zonas del almacén, se actuaría en consecuencia para tratar de extraer una unidad de cada capa o zona del almacén.

De lo antes mencionado podemos expresar algunas ideas importantes como:

- A mayor variabilidad será necesario un mayor tamaño de la muestra.
- El método de muestreo depende de la forma en que están distribuidas las unidades o patrón de variabilidad, ya sea éste al azar, por grupos, etc.

En resumen podemos decir que el tamaño de la muestra, la determinación del lugar de muestreo y el método de elección de una muestra que sea representativa (información de calidad) depende de la cantidad de variabilidad y del patrón o tipo de variabilidad que se da en la población, ambos factores se encuentran en función del problema o decisión a tomar. Por lo tanto, antes de recolectar datos o analizar los existentes, se debe entender muy bien el problema. Además podemos observar que la base para ejercer el control de la calidad y para la obtención de la información es el estudio de la variabilidad existente en el objeto o proceso que se está estudiando.

#### **2.4.2.1 – Tipos de muestreo aleatorio.**

El objetivo de los métodos de muestreo aleatorio es lograr que la muestra sea representativa de las características en cuanto a la variabilidad del objeto de estudio. A continuación se mencionan diferentes tipos de métodos de muestreo:

**Muestreo al azar simple**

Este método consiste en seleccionar un grupo de  $n$  elementos de la población, de tal forma que cada muestra de tamaño  $n$  tenga la misma probabilidad de ser seleccionada; también se le denomina: muestreo irrestricto aleatorio. El muestreo aleatorio simple es recomendado cuando los elementos de la población pueden numerarse fácilmente, poseen una mezcla homogénea y cuando no forman grupos internos bien definidos con respecto a la variable de interés.

**Muestreo al azar estratificado**

Con frecuencia los elementos que componen a la población u objeto de estudio se pueden dividir en grupos o estratos de acuerdo con las características de interés en el estudio. Los estratos o grupos deben tener las siguientes características:

- 1) Son ajenos entre sí
- 2) Los elementos pertenecientes a cada estrato son más homogéneos que la población total y
- 3) Cuando sea importante tener información estadística de cada estrato,

De acuerdo a lo anterior si se toma una muestra, es recomendable que en ésta haya elementos representativos de todos los estratos que componen la población logrando de esta manera la representación completa de todas las variables que actúan en ella. En estos casos se recomienda el muestreo aleatorio estratificado.

**Muestreo sistemático al azar**

Los métodos de muestreo mencionados anteriormente tienen la limitante de que los elementos de la población o de los estratos deben numerarse. Existe un muestreo aleatorio que implica un trabajo menos detallado y que es

particularmente útil en muestreos directos durante la producción o recepción de materiales. Tal muestreo se conoce como sistemático.

La metodología del muestreo sistemático es la siguiente: supongamos que se va a seleccionar una muestra de tamaño  $n$  de una lista de  $N$  elementos. Una manera sencilla de hacer esta selección es elegir un intervalo apropiado y seleccionar los elementos a intervalos iguales a lo largo de la lista. El punto de arranque para este proceso debe ser elegido de manera aleatoria. En otras palabras, en el muestreo sistemático se toman los elementos de la muestra en intervalos fijos y el punto de partida se elige aleatoriamente. Tales intervalos pueden ser cada cierta: cantidad de artículos, período de tiempo, longitud o área.

El muestreo sistemático es útil porque:

- Es más fácil de llevarse a cabo en el campo y por lo tanto está menos expuesto a errores de selección.
- Puede proporcionar más información por unidad de costo que el irrestricto aleatorio.
- Logra mayor representatividad cuando los elementos de la población no están ordenados en forma aleatoria, sino que están ordenados de acuerdo con alguna característica relacionada con las variables de interés.

### **Combinación estratificado y sistemático**

En el control de la calidad es frecuente que la producción o los materiales se dividan naturalmente en grupos. Por ejemplo, la producción puede agruparse por máquina, jornada de trabajo, personal, proveedor, entre otros; por lo que es importante tener información por estrato para evaluar el desempeño de cada grupo (máquina, operador, etc), y verse en la necesidad de hacer un muestreo aleatorio estratificado. Y para tomar la muestra de cada estrato se puede elegir el muestreo sistemático.

### **Muestreo aleatorio por conglomerados**

Cuando los elementos de una población se dividen en forma natural en subgrupos o conglomerados, que son similares entre sí, y cuyos elementos tienen una variabilidad similar a los elementos de toda la población, es recomendable para tomar una muestra de tal población, tomar una muestra de conglomerados e investigar todos los elementos de los subgrupos seleccionados. Así, en un muestreo de este tipo cada unidad de muestreo es una colección de elementos.

Para realizar un muestreo aleatorio por conglomerados, primero se determinan claramente los subgrupos en que se divide la población, enseguida se seleccionan aleatoriamente  $k$  de ellos, donde  $k$  es una constante, y se analizan todos los elementos de los conglomerados seleccionados. En otras palabras, la muestra total la constituye la totalidad de los elementos que pertenecen a los conglomerados seleccionados.

La diferencia entre el muestreo por estratos y el de conglomerados es que en ambos casos la población se divide de manera natural en subgrupos ajenos, pero en el muestreo estratificado tales subgrupos deben poseer características distintas entre sí, mientras que en el muestreo por conglomerados deben ser similares, o sea poseer las mismas características pero agrupadas en diferentes formas.

Finalmente, podemos decir que los tipos de muestreo anteriores, pueden ser utilizados en cualquier ocasión. Teniendo en cuenta que la elección del muestreo más conveniente, dependerá del problema mismo.

Como hemos observado anteriormente, la definición de aspectos tales como: Tamaño y localización de las muestras, que anteriormente eran punto de discusión; ahora deben ser resueltos por medio del conocimiento profundo del problema y definidos por la variabilidad intrínseca del mismo.

En cuanto a la definición del tamaño del lote no podemos adoptar la misma manera de pensar ya que no se puede definir un tamaño basado en la variación



de las características de los objetos de estudio, así también la forma de su determinación no se puede basar de manera estándar, ya que esto se establece, como lo mencionamos anteriormente, en términos del tiempo, la producción o el área de cada objeto, por ejemplo: la determinación del lote para una mezcla asfáltica, es diferente, que la determinada para un material granular utilizado para realizar una sub-base. Esto nos lleva a determinar que la definición de este parámetro es propia del proceso constructivo mismo y esta relacionada con la forma en que se divide el objeto de estudio, ya sea: jornadas de trabajo, tramos de ejecución, volumen de material, etc.

#### **2.4.2.2 – Especificaciones de Muestreo.**

Existen muchas normas, empleadas para realizar pruebas y ensayos a materiales que son utilizados en la construcción de pavimentos. Pero aunque la mayoría de las normas para la realización de ensayos establecen las cantidades (tamaño de las muestras) a utilizar para su desarrollo, algunas estas normas de ensayo no establecen la forma de obtención de las muestras o especímenes.

Las distintas formas de realizar el muestreo de algunos materiales utilizados u obtenidos de procesos, se expresan por medio de especificaciones y normas concretas, en las cuales su desarrollo se encuentra regulado. En ellas se describen los procedimientos a seguir en determinadas situaciones para realizar la actividad de muestreo. Algunas expresan referencias hacia documentos que poseen relación en cuanto a:

- Realización de la actividad de muestreo,
- Tamaño de la muestra necesaria,
- Ensayo que se realizará al material muestreado, entre otros.

Dichas normas se encuentran separadas, de acuerdo a las características del tipo de material que se va a muestrear; a continuación se mencionan algunas normas y especificaciones, utilizadas para desarrollar la actividad de muestreo y que además son utilizadas como referencias de algunas normas de ensayo

ejecutados en la construcción de pavimentos flexibles elaborados con mezclas asfálticas en caliente:

- Materiales bituminosos

AASHTO T 40 – 02 y ASTM D 140 – 00 “Muestreo de materiales bituminosos”, enuncia los procedimientos de muestreo utilizados en materiales bituminosos.

AASHTO T 168 – 03 y ASTM D 979 – 01 “Muestreo de mezclas de pavimento bituminoso”.

Sección 702.10 del manual de especificaciones de la SIECA, en su literal (c) enuncia los procedimientos de muestreo para cemento asfáltico. La Sección 702.09 de las especificaciones “FP”, en su literal (c), hace igual referencia a lo citado en la especificación anterior del manual elaborado por SIECA.

- Agregados

AASHTO T 2 – 91(2000) y ASTM D 75 – 92 “Muestreo de agregados”. Esta norma, menciona aspectos importantes, tales como: forma de realización de los muestreos, lugares donde se realizan, exploración de posibles bancos de préstamo, entre otros

AASHTO T 248 – 02 ASTM C 702 – 98 (2003) “Reducción de muestras de agregados para el ensayo”. Esta es una actividad muy importante, para el desarrollo o ejecución de algunos ensayos que son realizados a los agregados.

- Generales

ASTM D 3665 – 94 “Muestreo aleatorio de los materiales de construcción”.

ASTM E 105 – 97 “Muestreo probabilístico de materiales”.

ASTM E 122 – 98 “Elección del tamaño de muestras para estimar la calidad promedio de un lote o proceso”.

Aunque podemos observar que las especificaciones y normas anteriores hacen referencia a los materiales de mayor utilización en la construcción de pavimentos flexibles, se puede observar la inexistencia de normas o especificaciones para el muestreo y exploración de otros factores que

intervienen en el desarrollo y calidad del pavimento, tales como: personal, maquinaria y equipo.

### **2.4.3 – Instrumentos de Análisis de Resultados para el Control de la Calidad**

#### **2.4.3.1 – Medidas de tendencia central**

Si tenemos observaciones numéricas de una muestra y las denominamos como  $X_1, X_2 \dots X_n$ , y además deseamos saber la tendencia central de los datos, lo podemos hacer mediante la **media (o promedio)** muestral, representada por  $\bar{X}$  e igual a la suma de todos los datos dividida entre el número de datos ( $n$ ). Si al calcular la media se utilizan todos los elementos de la población, entonces el promedio calculado es denominado media poblacional y se expresa con la letra griega  $\mu$ .

La **mediana** representada por  $\tilde{X}$ , es otra medida de tendencia central, y es igual al valor que divide a una serie de datos justamente a la mitad cuando dichos datos están ordenados, ya sea creciente o decrecientemente. Los grupos formados poseen cada uno el 50% de los datos menores y mayores a este valor. Una medida más de tendencia central es la **moda**, que es igual al dato que se repite con mayor frecuencia en una serie de datos. Se representa por  $\hat{X}$ .

#### **2.4.3.2 – Medidas de dispersión o variabilidad**

Estas medidas muestran que tan esparcidos respecto a su tendencia central, se encuentran los datos que pertenecen a un conjunto. La medida más usual de este tipo es la **desviación estándar** muestral, representada por  $S$  y puede definirse como la raíz cuadrada del promedio del cuadrado de las desviaciones de cada dato con respecto a la media muestral de la serie de estos datos.

Como  $S$  mide la dispersión de los datos en torno a la media, entonces entre más grande sea el valor de  $S$  mayor variabilidad habrá en los datos y por ende

el proceso se encontrará fuera de control. Además si para calcular la desviación estándar se utilizan todos los elementos de la población, entonces se obtiene la desviación estándar poblacional denotada por  $\sigma$ .

Al cuadrado de la desviación estándar se le conoce como **varianza** y es representada por  $S^2$ , mide esencialmente el promedio de las desviaciones elevadas al cuadrado a partir de la media. Otra de las medidas de dispersión utilizada es el **rango** esta es la medida más elemental de variabilidad o dispersión, ya que es la diferencia entre el dato mayor y el dato menor de la muestra. En otras palabras, el rango mide la amplitud de la variación de un grupo de datos; este también es independiente de la magnitud de los datos.

### **Vinculo entre $\bar{x}$ y S**

Si tratamos de entender la desviación estándar a simple vista, no se le encuentra una interpretación y significado útil. Sin embargo a través de la relación que esta guarda con la media podemos observar las ventajas como medida de dispersión. La relación entre estos dos datos se encuentra determinada por la **desigualdad de Chebyshev** y la **regla empírica**.

La primera afirma dos situaciones interesantes, la primera situación afirma que entre  $\bar{X} - 2S$  y  $\bar{X} + 2S$  se encuentran al menos el 75% de los datos de la muestra; y la segunda enuncia que entre  $\bar{X} \pm 3S$  está por lo menos el 89%.

En cuanto a la regla empírica, se tiene que en muchos de los datos que surgen en la práctica se ha observado empíricamente que entre  $\bar{X} - S$  y  $\bar{X} + S$  está el 68% de los datos de la muestra, entre  $\bar{X} \pm 2S$  está el 95% y entre  $\bar{X} \pm 3S$  está el 99% (Figura 2 – 8).

Todos los intervalos anteriores son válidos únicamente para los datos de la muestra y no necesariamente para toda la población. Sin embargo, si los intervalos se calculan con la media y desviación estándar de la población entonces serán válidos para toda la población, por lo que, en la medida que los cálculos de la media y la desviación estándar muestral se hagan a partir de

muestras aleatorias grandes, entonces los intervalos anteriores podrán dar una idea aproximada de lo que pasa en toda la población, sea ésta un lote o un proceso.

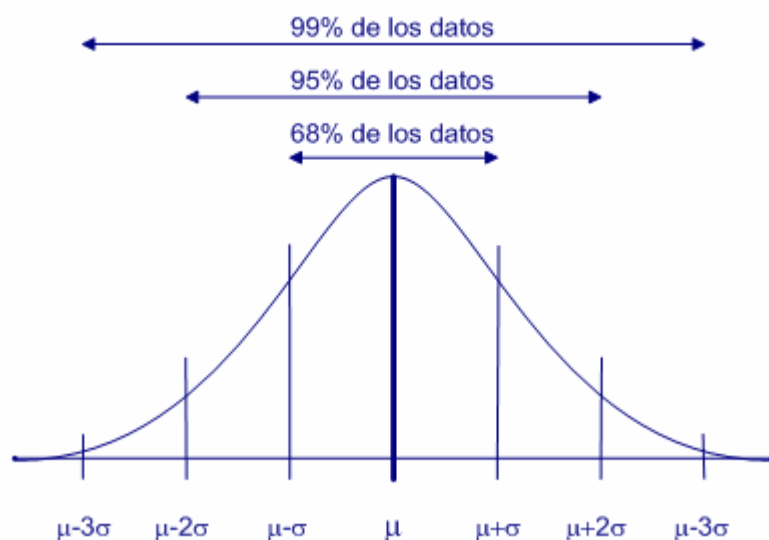


Figura 2 - 8

*Relación (determinada por medio de la regla empírica) entre la media y la desviación estándar de un objeto en estudio, a nivel poblacional, que posee distribución normal.<sup>26</sup>*

### 2.4.3.3 – Histograma

Esta herramienta es muy implementada, se trata de un tipo especial de gráfica de barras que despliega la variabilidad dentro de un proceso.

El histograma permite, de una mirada, tener una idea objetiva sobre la calidad de un producto, el desempeño de un proceso, entre otros. La correcta utilización del histograma permite tomar decisiones no sólo con base en la media, sino también con base en la dispersión y formas especiales de comportamiento de los datos. Su uso cotidiano facilita el entendimiento de la variabilidad.

A continuación se presenta un ejemplo, en el que se pueden observar los pasos utilizados para la realización de un histograma:

<sup>26</sup> Imagen obtenida del libro "Estadística I", Gildaberto Bonilla.

Se tienen los resultados del porcentaje de compactación en terraplén, de un proyecto específico. Estos resultados se muestran en la tabla 2 - 1. Se necesita describir el comportamiento de los datos correspondiente al porcentaje de compactación, para observar la variabilidad en los resultados. Razón por la cual se construirá un histograma con estos datos.

Primero determinaremos el rango de los datos:

$$R = 100.9 - 89.1 = 11.8$$

Para calcular el número de clase, utilizaremos una fórmula frecuentemente aplicada:

$NC = \sqrt{26} = 5.1$ , como es mayor que cinco se aproxima a número entero superior;  $NC = 6$

TABLA 2 - 1

**Datos de porcentaje de compactación en terraplén obtenidos en el campo**

Proyecto	Datos de porcentaje de compactación						Referencia de especificación
X	97.1	95.2	95.0	100.3	94.1	96.6	95.0
	92.1	97.5	94.8	100.4	97.4	95.7	
	89.1	95.1	95.4	99.7	95.8	100.9	
	96.2	100.4	100.1	98.5	100.1	98.5	
	100.8	100.7					

Para establecer la longitud de clase, podemos aplicar una fórmula muy aplicada obteniendo el siguiente resultado:

$$LC = R/NC = (11.8/6) = 1.97$$

Aplicando el resultado obtenido anteriormente, el rango cubierto sería muy ajustado. Razón por la cual aumentaremos  $LC = 2.0$ , para ampliar el rango de cobertura (a 12.0), lo que facilitaría la construcción del histograma.

Para obtener los intervalos de clase se le suma al punto inicial del rango de valores, la longitud de clase y así se obtiene el intervalo de la primera clase. Para obtener el intervalo de la segunda clase, se toma punto final de la primera clase como punto de inicio y se le suma la longitud de clase, así se sigue

sucesivamente hasta completar todos los intervalos como se muestra en la tabla 2 - 2. Como se amplió el rango a 12.0, se puede establecer el punto de inicio en un valor menor a 89.1; el valor con el que se iniciará será 89.0.

Ahora, obtendremos la frecuencia de cada clase contabilizando los valores mostrados en la tabla 2 - 1. El resultado se muestra en la tabla 2 - 2.

TABLA 2 - 2

**Tabla de frecuencias para el porcentaje de compactación en terrazas del proyecto X**

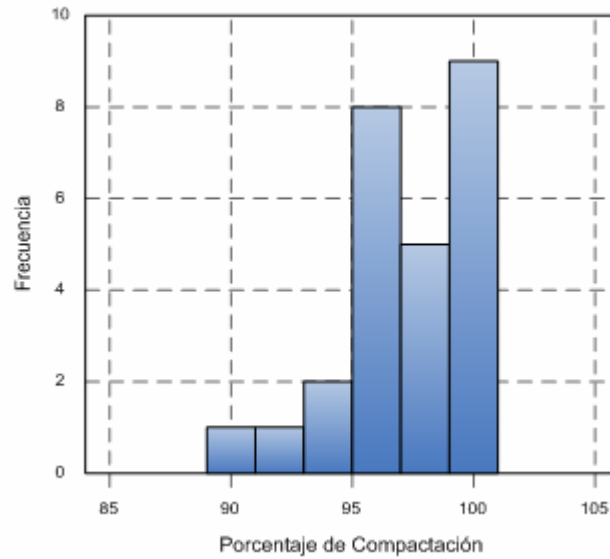
Clase	Intervalo	Marcas para Conteo	Frecuencia	Frecuencia relativa
1	89.0 a 91.0	/	1	3.85%
2	91.0 a 93.0	/	1	3.85%
3	93.0 a 95.0	//	2	7.69%
4	95.0 a 97.0	///// ///	8	30.77%
5	97.0 a 99.0	/////	5	19.23%
6	99.0 a 101.0	///// ////	9	34.61%

Cuando un dato coincide con el final de una clase y principio de la siguiente, entonces tal dato se incluye en esta última. Este es el caso del dato que tiene un valor de 95.0 el cual se ha incluido en la clase número 4.

La gráfica de un histograma, se hace por medio de un diagrama de barras en el que las bases de las barras sean los intervalos de clase y la altura sean las frecuencias de las mismas. Esto se observa en el histograma de la figura 2 – 9.

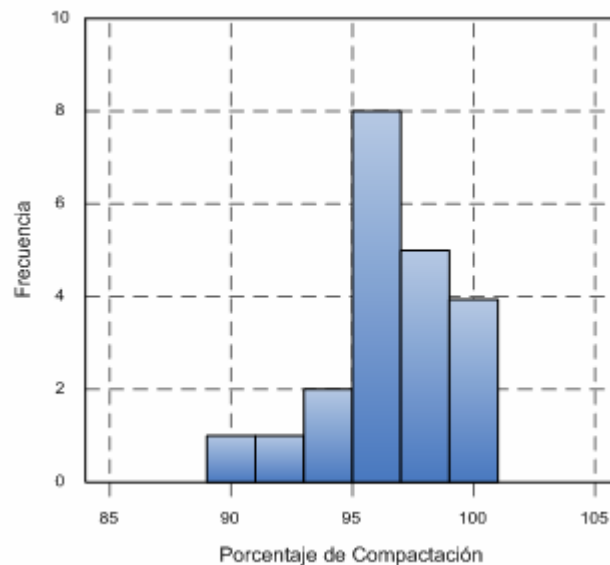
De manera rápida podemos observar que los datos presentan poca variabilidad, además podemos observar que menos de un tercio del total de datos están por debajo del 95% de compactación. Asociado a esto también debemos observar un fenómeno especial, el cual es la presencia de valores arriba del 100% de compactación; el registro de este tipo de valores puede ser debido a causas que merecen ser investigadas. Si consideramos que los datos arriba de 100 son erróneos, a excepción de los valores 100.1, y volvemos a graficar el histograma; este nos resultaría como el mostrado en la figura 2 – 10. En el cual observamos

una distribución más uniforme y que tiende al valor de 95% de compactación, que es el establecido como requerimiento.



*Figura 2 - 9*

*Histograma que representa, los valores de porcentaje de compactación de un proyecto "X"*



*Figura 2 - 10*

*Histograma que representa, los valores de porcentaje de compactación de un proyecto "X". Excluyendo aquellos valores mayores que 100.1%*



Cuando un histograma se construye de manera correcta y es resultado de un número suficiente de datos, en general más de 40, y éstos son representativos de la población, proceso o problema, entonces lo que se aprecia en el histograma como tendencia central, variabilidad y comportamientos especiales será una información valiosa, las formas comunes que puede adoptar una grafica de histograma se pueden observar en el libro denominado, calidad total y productividad de Humberto Gutiérrez.

#### **2.4.3.4 – Estratificación**

La estratificación es una poderosa estrategia de búsqueda que facilita el entendimiento de la influencia los diversos factores o variantes que intervienen en una situación problemática, de tal forma que se puedan localizar prioridades y pistas que permitan profundizar en la búsqueda de las verdaderas causas de un problema. Esta herramienta que se puede aplicar en una gran diversidad de situaciones aunque se observa mayor utilización en la parte de la toma de resultados y el análisis tanto estadístico como de procesos. Por ejemplo, si se tiene un histograma general que refleja problemas, y se estratifica o desglosa haciendo histogramas por personal, jornada de trabajo o material, es probable que se identifique dónde está realmente el problema. De igual forma se puede aplicar a diferentes herramientas tales como diagramas de pareto, cartas de control, entre otros.

De cualquier forma resulta de utilidad clasificar los problemas de calidad y eficiencia con respecto a cualquier factor que pueda ayudar a encausar mejor el estudio y de esta manera tomar la acción de mejora más eficaz, por ejemplo, por:

- Departamentos, grupos de trabajo o cadena de producción.
- Personal, y éstos a su vez por experiencia, edad, sexo o turno.

- Maquinaria o equipo; la tipificación puede ser por máquina, modelo, tipo, etc.
- Jornada de trabajo: Turno, día, noche, semana, mes.
- Proceso: Procedimiento, etapa, actividad, tarea.
- Materiales y proveedores.

A continuación se presenta un ejemplo idealizado, acerca de la utilización de estratificación en el área de la construcción de carreteras. Esto se debe a que su uso en la construcción es mínimo.

En el desarrollo de un proyecto de construcción de un pavimento de mezcla asfáltica se ha iniciado un proceso de tratamiento de los problemas. En este momento se está enfocando en el estudio de las causas por las que se dan las no conformidades, razón por la que se desea conocer que tipo de inconformidades que sucede con mayor frecuencia. Las inconformidades con respecto a los resultados de cierto tipo de ensayos se dan en distintas capas del pavimento.

Para hacer una evaluación y conocer el tipo de no conformidades se hace una estratificación por tipo de ensayo o incumplimiento de los resultados de acuerdo con especificaciones (no - conformidades), estos datos se muestran en la tabla 2 - 3. En esta tabla se observa en particular que el problema principal es el porcentaje de compactación (36.5 % del total de las no conformidades), por lo que es necesario elaborar algún tipo de método para combatir este problema.

Enfocándose únicamente en el porcentaje de compactación, sería conveniente aplicar una segunda estratificación, bien pensada y discutida por el grupo de control de la calidad, que ayude a conocer o descubrir la manera en que influyen los diversos factores en el problema de llenado; tales factores podrían ser método de construcción, los materiales, maquinaria utilizada, equipo para la realización del ensayo, el personal, etc.

En la misma tabla se muestra la estratificación del problema del porcentaje de compactación por capa del pavimento, lo que permite apreciar que esta no

conformidad se da principalmente en la capa de base (74%). Si al clasificar el problema de no conformidades por porcentaje de compactación por otros factores no se encuentra ninguna otra pista importante, entonces el método de mejora tiene que centrarse en el problema del porcentaje de compactación en la capa de base. Además podemos observar cosas de mucha importancia, como por ejemplo, si analizamos los resultados obtenidos para la capa de base podemos darnos cuenta que la humedad es el segundo problema más frecuente en esta capa, lo que podría ser un factor que a la vez provoque la no conformidad con el porcentaje de compactación. Si observamos los resultados de la capa de sub-base podemos observar que el cuarteo de material es muy frecuente en esta capa, lo que podría indicar que se debe a factores como presencia de muchos finos en el material de sub-base, método de construcción, etc.

TABLA 2 – 3

**Estratificación de no-conformidades por ensayos y elementos del pavimento**

Clasificación de ensayos no-conformes por incumplimiento de especificaciones de acuerdo a la capa donde se obtuvo el ensayo

Proyecto \_\_\_\_\_  
Mes \_\_\_\_\_

Incumplimiento con especificación	Elemento de Sub-base	Elemento de Base	Total
<b>% de compactación</b>	///// //	///// ///// . ///// /////	27
<b>Densidad</b>	////	/////	9
<b>Humedad</b>	/////	///// ///// . /////	20
<b>Cuarteo de material</b>	///// ///// .	///// //	17
<b>Aspectos geométricos</b>	//	/	3
<b>Total</b>	28	48	<b>76</b>

### 2.4.3.5 – Diagrama de Pareto

En una empresa existen muchos problemas que esperan ser resueltos o cuando menos atenuados y cada uno de estos problema puede deberse a varias causas diferentes. Resulta imposible e impráctico pretender resolver todos los problemas o abordar todas las causas al mismo tiempo.

Por lo mencionado anteriormente, resulta más práctico seleccionar el problema más importante, y al mismo tiempo centrarse sólo en atacar su causa más relevante. Lo que se quiere lograr de esta manera es que un proyecto pueda alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo. La herramienta que permite localizar el problema principal y ayuda a localizar la causa más importante de éste, se llama diagrama o análisis de Pareto (DP). Esta es una estrategia que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”, esto hace una referencia al principio de Pareto conocido como “80-20” en el cual mencionan que del 100 por ciento de los problemas, el 20 por ciento se deben a causas especiales y el 80 por ciento restantes son resultados de causas comunes.

La idea principal del diagrama de Pareto (DP) es distinguir o mostrar los pocos defectos, problemas o fallas vitales, ayudando a seleccionar aquel problema el cual es más conveniente para concentrar los esfuerzos de solución o mejora. Una vez que sea corregido, entonces se vuelve a aplicar el principio de Pareto para localizar de entre los que quedan a los más importantes, volviéndose este ciclo, una filosofía.

El análisis de Pareto se puede aplicar a todo tipo de problemas: Calidad, conservación de materiales, desarrollo en el trabajo de la maquinaria, entre otros.

Un suceso que se da en las empresas y que se observa frecuentemente en los proyectos es que los problemas se atienden conforme van surgiendo, lo que hace que no se resuelvan las causas que los generan, dejando que se sacrifique calidad por cantidad de acciones de mejora. Esta situación puede ser

corregida mediante el uso sistemático del DP, el cual permite enfocarse en un problema específico, al cual se le pueden dedicar mayor energía y recursos. Por lo general, las empresas no conocen qué problemas tienen exactamente o sólo existe una idea vaga de la magnitud de algunos, pero no se tiene objetividad.

Para no caer en el error de usar al DP como una grafica de frecuencia se debe procurar que, una vez localizado el problema principal, se aplique un análisis de Pareto de siguiente nivel, que consiste en estratificar el defecto principal en los factores que posiblemente influyen en él. A estos DP también se les denomina como DP de segundo nivel o DP de causas.

Al momento de realizar el gráfico de diagrama de pareto se recomienda lo siguiente:

- Para que no haya un número excesivo de categorías que dispersen el fenómeno, se recomienda agrupar las categorías que tienen relativamente poca importancia en una sola y catalogarla como la categoría “Otras” (ver figura 2 - 12), pero esta categoría no debe poseer un porcentaje muy alto.
- Es necesario agregar en la gráfica el periodo que representan los datos. Se recomienda anotar claramente la fuente de los datos y el título de la gráfica.

TABLA 2 - 4

**Ausencias de los trabajadores durante el mes de Septiembre**

Registro de ausencias de los trabajadores en un proyecto

Area de trabajo	A : Accidentes laborales	C : Compromisos legales	S : Sin motivo	T : de transporte	P : Problemas de salud
<b>Topografía</b>	P A S P C T P P S P C S P A P C P T P P S A S T S P S T C				
<b>Taller</b>	P P A P S T S C A C P A P S S T P C A A P T P S P A C P A C S P P A P A				
<b>Terracería</b>	A C P P P A S P T A P C P P S P A P S T P C A P S P P A C P S P T C P A A P A P P S P C T P P				
<b>Otros</b>	S A P T C P A P S T P C P A A S P T A C T P S A C C P T P				

¿Cómo se debe construir un diagrama de pareto?, para responder a esta pregunta, se presenta a continuación un ejemplo idealizado, acerca de la utilización del diagrama de pareto en el área de la construcción de carreteras.

TABLA 2 – 5

**Estratificación por motivo de ausentismo. Fuente: tabla**

Tabla de frecuencias del motivo de ausencias en el proyecto

Motivo de ausentismo en los trabajadores	Número de ausencias	Porcentaje	Número acumulado	Porcentaje acumulado
Problemas de salud	55	39.01	55	39.01
Accidentes laborales	27	19.15	82	58.16
Sin motivo	23	16.31	105	74.47
Compromisos legales	20	14.18	125	88.65
Problemas de transporte	16	11.35	141	100.00

Se ha determinado que el ausentismo de los trabajadores de un proyecto de construcción de carreteras, esta generando mucho problema en su desarrollo. Razón por la que se plantea la necesidad de determinar las causas de estas inasistencias; para esto se ha iniciado un estudio del problema, comenzando por la realización de una hoja de registro, donde se ha documentado el numero de ausencias ocurridas en un mes, clasificándolas por motivo y área de trabajo (ver tabla 2 - 4).

Con datos obtenidos en la hoja de verificación mostrada anteriormente se construye la tabla de frecuencias (paso 3), que contiene la información que se utilizará para realizar el diagrama de pareto (tabla 2 – 5).

Los resultados del paso anterior se graficaron en un DP para determinar que tipo de ausencia se genera con mayor regularidad. Observando el DP (figura 2 – 11), que nos muestra el motivo de ausencias, encontramos que la clase más frecuente de ausentismos son los problemas de salud (P), ya que representan el 39% del total de las ausencias en un mes. El motivo de ausentismo que sigue

en importancia son los accidentes laborales, con un 19% del total. Con el análisis simple de los resultados podemos sugerir la implementación de un plan de higiene general para evitar este problema, pero puede ser un error ya que la implementación de un plan de esa magnitud puede requerir mucho tiempo y costo.

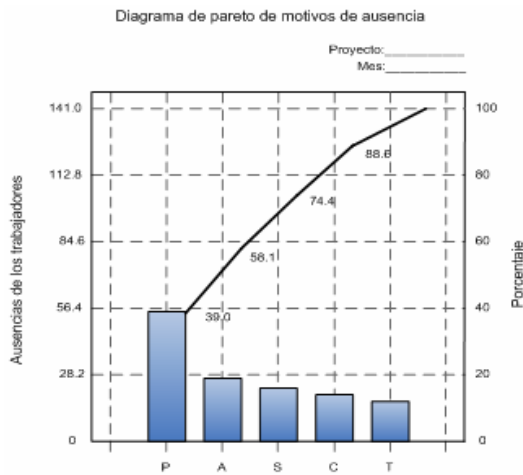


Figura 2 - 11

Diagrama de Pareto para ausencias de los trabajadores en un proyecto de construcción de pavimento asfáltico, mes de Septiembre.

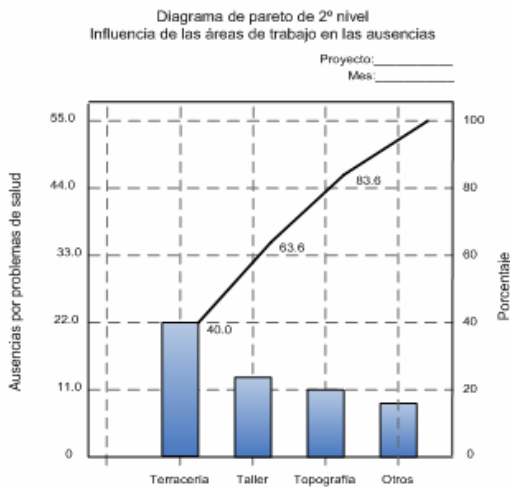


Figura 2 - 12

Diagrama de Pareto de 2º nivel para ausencias por motivos de salud en cada una de las áreas de trabajo.

Ahora para evitar el uso erróneo del diagrama de Pareto, aplicaremos un DP de segundo nivel (ver fig. 2 – 12) analizando el problema principal. Este muestra los problemas de salud estratificados por área de trabajo en la que se dieron las ausencias por problemas de salud. En él se puede apreciar que el área que presenta mayor ausentismo por motivos de salud es el de terracería (40%), lo que demuestra varias cosas como: que es el área más susceptible a padecer enfermedades (en este proyecto específico), la higiene de estos trabajadores es muy pobre, etc. Lo que afirmaría, que si existiese la posibilidad de implementar un plan de higiene, se haga enfocándose especialmente al área de terracería.

#### **2.4.3.6 – Hoja de verificación**

En puntos anteriores, de la presente investigación, se ha insistido que la información es parte esencial en la aplicación del control de la calidad; contribuyendo en las acciones y decisiones tomadas acerca de materiales, lotes, procesos, personal, etc.

Algunas empresas, en ocasiones, no poseen datos sobre cómo ha evolucionado la magnitud de los problemas principales, la eficiencia del sistema de calidad implantado, etc. En otras empresas el problema no es la escasez de datos, por el contrario, en ocasiones se da un exceso de los mismos (reportes, informes, registros); el problema más bien es que tales datos están archivados, se han registrado demasiado tarde, se han recabado de manera inadecuada o, finalmente, no se analizan ni se utilizan de manera sistemática para tomar decisiones. Por lo tanto, en ambos casos el problema es el mismo: no se tiene información para dirigir objetivamente y adecuadamente los esfuerzos y actividades en una organización.

De lo anterior se desprende la necesidad de contar con métodos que faciliten la obtención y el análisis de datos, para que éstos se conviertan en información



que se use cotidianamente en la toma de decisiones. Precisamente uno de tales métodos es **la hoja de verificación o de registro**.

### Hoja de verificación para distribución de procesos

Hoja de verificación											
Producto : _____					Proyecto: _____						
Especificaciones : _____					Sección: _____						
Grupo : _____					Fecha: _____						
<b>Frecuencia total</b>	3	7	13	20	24	20	8	4	2	0	
Frecuencia	25										
	20					-					
						-					
						-					
	15					-					
						-					
						-					
	10					-					
						-					
						-					
5					-						
					-						
					-						
Dimensiones	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	
	Especificación inferior					Especificación superior					

Figura 2 - 13

**Hoja de verificación** utilizada para **datos continuos**, donde se hace énfasis en el comportamiento del proceso más que en las observaciones individuales.<sup>27</sup>

La hoja de verificación es utilizada principalmente para realizar un registro sistemático de datos, facilitando el análisis de la forma como influyen los principales factores que intervienen en una situación o problema específico.

<sup>27</sup> Obtenida del libro "Calidad total y productividad", Humberto Gutiérrez Pulido

Una característica que debe reunir una buena hoja de verificación es que visualmente se pueda hacer un primer análisis que permita apreciar la magnitud y localización de los problemas principales.

A continuación se mencionan algunas de las situaciones en las que resulta de utilidad obtener datos a través de las hojas de verificación:

- Describir resultados de operación.
- Examinar no conformidades o defectos de productos (identificando razones, tipos de fallas, entre otros).
- Confirmar posibles causas de problemas de calidad.

Un tipo especial de hojas de verificación es la denominada como **registro de las causas de los defectos**. En la cual se registran los tipos de defectos que se presentan, dividiéndolos por medio de factores que pueden ayudar a determinar las condiciones (causas) en que se dan la mayoría de los defectos (como las mostradas en los ejemplos de las herramientas anteriores). Pero además del tipo de hoja mencionada anteriormente, también existen hojas para distribución de procesos (figura 2 – 13), registro de defectos y localización de defectos.

Para hacer un buen uso de una hoja de verificación, es necesario seguir las recomendaciones, mostradas a continuación:

1. Determinar qué situación es necesario evaluar, sus objetivos y el propósito que se persigue. Esto con el fin de definir qué tipo de información se requiere.
2. Establecer el periodo durante el cual se obtendrán los datos.
3. Diseñar el formato apropiado. Cada hoja de verificación debe llevar la información completa sobre el origen de los datos: fecha, turno, máquina, proceso, quién toma los datos. Una vez obtenidos, se analizan e investigan las causas de su comportamiento.
4. Se debe buscar mejorar los formatos de registro de datos, para que cada día sean más claros y más útiles.

5. El uso excesivo de la hoja de verificación puede llevar a obtener datos sin ningún objetivo concreto e importante. Para evitar esto, debe procurarse que cada hoja con la que se obtienen datos tenga un objetivo claro y de importancia. No hay que caer en el error de obtener datos sólo por obtenerlos.

#### **2.4.3.7 – Diagrama de Ishikawa (de causa-efecto)**

Una vez se ha definido, dónde, cuándo y bajo qué circunstancias ocurre un problema en estudio, ya sea por medio de un análisis directo o aplicando un método como el diagrama de Pareto u otro. Es el momento para localizar la causa primordial del mismo. Para ello, una vez que el problema ha sido aislado, es el momento de analizar todas las causas potenciales del problema, y para ello se puede utilizar **el diagrama de Ishikawa**, también conocido como **diagrama de causa y efecto**.

El diagrama de Ishikawa (DI) es una gráfica en la cual, en uno de sus lados (generalmente el derecho), se anota el problema, y en el lado contrario (izquierdo) se especifican por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan o estratifican de acuerdo con sus similitudes en ramas y sub-ramas (ver fig. 2 – 14), el diagrama generado forma una silueta parecida al esqueleto de un pez, razón por la cual, también, se le denomina **diagrama de espina de pescado**. En el, cada posible causa se agrega en alguna de las ramas principales. Si alguna causa está constituida a su vez por sub-causas, éstas se agregan como dependencia.

El diagrama de Ishikawa es una manera de identificar las fuentes de variabilidad. Pero si deseamos confirmar si una posible causa es una causa real se recurre a la obtención de datos o al conocimiento que se tiene sobre el proceso.

El diagrama de Ishikawa además de servir para determinar las causas de un problema en estudio, nos permite observar indirectamente ciertos aspectos

beneficiosos como el nivel de conocimientos técnicos que se ha logrado sobre el proceso estudiado y lograr un mayor conocimiento del mismo.

Los pasos para construir un diagrama de Ishikawa se muestran a continuación:

1. **Escoger el aspecto de calidad que se quiere mejorar**, lo cual se puede hacer con la ayuda de un diagrama de Pareto o una carta de control.
2. Escribir de manera clara y concreta el aspecto de calidad a la derecha del diagrama. Trazar una flecha ancha de izquierda a derecha, y **definir qué método se utilizará para construir el DI**.
3. **Buscar todas las causas probables**, que pueden afectar a la característica de calidad. Esto se puede hacer, con la guía del tipo de DI elegido; después, las ideas se van agregando en un diagrama único.
4. **Decidir cuáles son las causas más importantes**. Esto se puede hacer por consenso o por votación. También se puede hacer recurriendo a datos. Además, decidir cuales de estas causas se resolverán, tomando en consideración la importancia de cada una.

Como lo hemos mencionado anteriormente, se han desarrollado diversos métodos para la construcción del diagrama de Ishikawa, de acuerdo a la forma de abordar el problema y a la forma que presenta el diagrama. Estos se presentan a continuación:

#### **Método de 6M o análisis de dispersión.**

Este es el método de construcción más común y consiste en agrupar las causas potenciales en ramas principales como: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente (figura 2 – 14).

Algunas de las ventajas y desventajas del diagrama de Ishikawa 6M se muestran a continuación:

#### Ventajas

- Obliga a considerar una gran cantidad de elementos asociados con el problema.

- Puede ser usado cuando el proceso no se conoce con detalle.
- Se concentra en el proceso y no en el producto.

#### Desventajas

- En una sola rama se identifican demasiadas causas potenciales.
- Tiende a concentrarse en pequeños detalles del proceso.



Figura 2 - 14

*Diagrama de Ishikawa del tipo 6M ó análisis de dispersión, propuesto para el análisis de los factores que afectan la calidad de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas (elaborado por el autor del presente estudio).*

#### Método de flujo de proceso

Con este método de construcción, la línea principal del diagrama de Ishikawa sigue la secuencia normal del proceso de producción. Los factores que pueden afectar la característica de calidad se agregan en el orden que les corresponde, según el proceso (figura 2 – 15).

Con frecuencia el diagrama de flujo del proceso es la primer etapa para entender dicho proceso. Para ir agregando, en el orden del proceso, las causas potenciales, se puede realizar la siguiente pregunta: ¿La variabilidad en esta parte del proceso afecta el problema especificado?

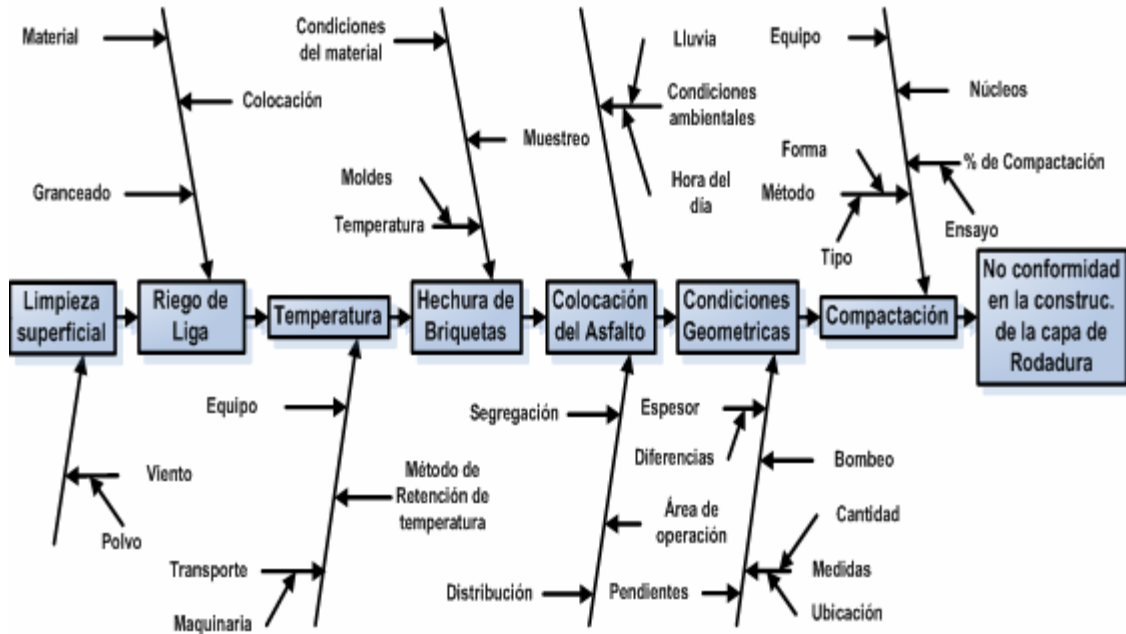


Figura 2 - 15

*Diagrama de Ishikawa de tipo de flujo de proceso, descrito para un proceso de construcción de una carpeta de rodadura elaborada con mezcla asfáltica en caliente (elaborado por el autor del presente estudio).*

Este método permite explorar formas alternativas de trabajo, descubrir problemas ocultos, etcétera. Algunas de las ventajas y desventajas del diagrama de Ishikawa, construido según el flujo del proceso se muestran a continuación.

#### Ventajas

- Obliga a preparar el diagrama de flujo del proceso.
- Se considera al proceso completo como una causa potencial del problema.

- Identifica procedimientos alternativos de trabajo.
- Permite que las personas que desconocen el proceso se familiaricen con él, lo que facilita su uso.
- Puede usarse para predecir problemas del proceso, poniendo atención especial en las fuentes de variabilidad.
- Desventajas
- Es difícil usarlo por mucho tiempo, sobre todo en procesos complejos.
- Puede darse el caso de no detectar las causas potenciales, puesto que la gente puede estar muy familiarizada con el proceso haciéndosele todo normal.
- Algunas causas pueden aparecer repetidas veces.

#### **Método de estratificación o enumeración de causas**

La idea principal de este método de construcción del diagrama de Ishikawa es ir directamente a las principales causas potenciales de un problema. La selección de estas causas muchas veces se hace a través de una sesión de lluvia de ideas. Con el objetivo de dirigir los esfuerzos de solución a las causas reales y no consecuencias o reflejos, es importante preguntarse un mínimo de cinco veces el porqué del problema (técnica de los 5 porqués), logrando profundizar en la búsqueda de las causas.

Esta manera de construir el diagrama de Ishikawa es natural cuando las categorías de las causas potenciales pueden subdividirse. Por ejemplo, un pavimento puede dividirse en las partes que lo constituyen.

Ejemplos de este tipo de diagrama de Ishikawa, se mostrarán posteriormente, cuando se analicen cada uno de los factores que intervienen en el proceso constructivo de un pavimento asfáltico en caliente.

Algunas de las ventajas y desventajas del método de estratificación para construir un diagrama de Ishikawa se señalan a continuación:

Ventajas

- Este diagrama es por lo general menos complejo que los obtenidos mediante los otros procedimientos.
- Desventajas
- Se puede dejar de contemplar algunas causas potenciales importantes.
- Puede ser difícil definir subdivisiones principales.
- Se requiere un alto conocimiento del producto o el proceso.
- Se requiere un gran conocimiento de las causas potenciales.

#### **2.4.3.8 – Diagrama de flujo**

Como hemos podido observar anteriormente, una buena gráfica facilita la comunicación y ayuda a lograr un mejor entendimiento en las discusiones y análisis. De esta manera, en el trabajo por la calidad no se debe restringir únicamente al uso de las gráficas de las herramientas básicas, sino que se deben utilizar todas aquellas que faciliten la comunicación y la comprensión de una situación dada.

Una gráfica que puede ser de utilidad en toda situación es un diagrama de flujo, el cual es un método para describir gráficamente la secuencia (flujo o ruta) de un proceso desde su inicio hasta su final. Por lo general, el diagrama de flujo suele comenzar con los insumos, mostrando luego las transformaciones ocurridas a estos y termina con el producto final. Pero esto no quiere decir que el diagrama se debe restringir a esta forma, ya que se puede aplicar a cualquier parte del proceso, comenzando en cualquier punto y terminado de la misma manera en otro punto cualquiera, definido con anterioridad.

Algunas de las utilidades de este tipo de diagrama son las siguientes:

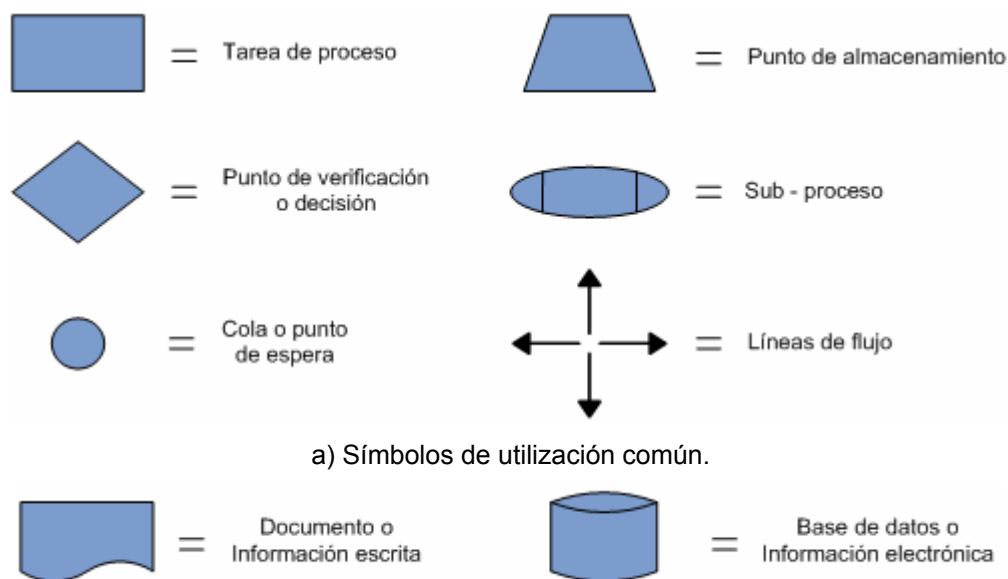
- Visualizar globalmente el proceso,
- Planear y coordinar responsabilidades en diferentes áreas,
- Identificar etapas clave o potencialmente problemáticas,
- Localizar actividades de control o puntos de medición, y



- Determinar si el proceso actual se apega a los requerimientos del cliente (de no ser así, el diagrama ayuda a modificarlo y rediseñarlo).

A continuación se describen los pasos a seguir para construir un diagrama de flujo:

- 1) **Definir el proceso específico** para el que se va a elaborar el diagrama.
- 2) **Identificar los principales componentes del proceso:** materiales, máquinas y personas que intervienen en el flujo de las operaciones.
- 3) **Representar la secuencia de actividades** desde la primera hasta la última, incluyendo las que se realizan de manera simultánea.
- 4) **Identificar cada una de las operaciones mediante símbolos** (ver figura. 2 – 16), estos símbolos pueden variar dependiendo de la persona o autor que los utilice.



a) Símbolos de utilización común.

b) Algunos símbolos que no son utilizados comúnmente.

*Figura 2 - 16*

*Símbolos utilizados para la elaboración de diagramas de flujo, mostrados en el artículo web de la sociedad latinoamericana para la calidad*

#### 2.4.3.9 – Cartas o Diagramas de control

La variabilidad esta presente en todas las actividades que realizamos a diario, por ejemplo: en nuestro trayecto al trabajo o lugar de estudio no siempre hacemos el mismo tiempo, el porcentaje de artículos defectuosos de un lote con respecto a otro es variable, el tiempo para ejecutar una labor es diferente de un día a otro, la capacitación y habilidad entre los trabajadores no es idéntica, no siempre se sigue un método idéntico de trabajo, los proyectos difieren unos de otros.

Si nos referimos específicamente al área de trabajo, podemos decir que son variables: los gastos mensuales en una empresa, la calidad del producto final, los materiales, las máquinas, el medio ambiente, la temperatura y velocidad de operación de un proceso. La variabilidad es algo que siempre esta presente. Sin embargo, la variabilidad presentada, puede ser de dos tipos: variación o cambios debidos a causas comunes y variación debida a causas especiales o atribuibles.

La **variación debido a causas comunes** (o debido al azar) es aquella que permanece día a día, lote a lote; es parte del sistema: materia prima, métodos, procesos, formas organizativas. Esta variación es inherente a las características esenciales del proceso, y es resultado de la acumulación y combinación de diferentes fuentes de variabilidad. Para resolver los problemas debidos a causas comunes es necesario atender el problema general, no el particular; es decir, se necesita modificar el sistema, y esto se hace sólo con un plan que diagnostique las verdaderas causas de fondo.

La **variación debido a causas especiales** (o atribuibles) es algo especial, no es parte del sistema de causas comunes, esta variación es causada por situaciones o circunstancias especiales que no están presentes permanentemente en el sistema; por ejemplo, una falla ocasionada por el mal funcionamiento de una maquinaria o el empleo de materiales que no cumplen especificaciones. Las causas especiales, por su naturaleza relativamente

discreta, a menudo pueden ser identificadas y eliminadas si se cuenta con los conocimientos y condiciones adecuados para su tratamiento.

Un proceso que trabaja sólo con causas comunes de variación se dice que está en control estadístico (o es estable), independientemente de que su variabilidad sea mucha o poca, pero es predecible en el futuro inmediato. En un proceso en control estadístico la calidad, la cantidad y los costos son predecibles.

Un proceso en el que están presentes causas especiales de variación se dice que está fuera de control estadístico (o es inestable). Este tipo de procesos es impredecible en el futuro inmediato porque en cualquier momento pueden aparecer esas situaciones que tienen un efecto especial sobre la variabilidad.

Estos dos tipos de variabilidad pueden producir 2 tipos diferentes de errores en el desarrollo de las actividades diarias, estos son:

- 1) Que se tomen medidas de reacción ante un cambio (efecto o problema) como si proviniera de una causa especial, cuando en realidad surge de algo mucho más profundo en la empresa, como son las causas comunes de variación del sistema mismo. Este es conocido como: **error tipo 1**
- 2) Ignorar un efecto o cambio como si proviniera de causas comunes de variación, cuando en realidad se debe a una causa especial. También conocido como: **error tipo 2**

El cometer alguno de estos errores causa una pérdida para los intereses de la empresa. Una manera de distinguir la variación debido a causas comunes de las que son generadas por las causas especiales; es por medio de la utilización de las cartas de control

La idea básica de una carta de control es observar y analizar gráficamente el comportamiento sobre el tiempo de una variable de un producto, o de un proceso, con el propósito de distinguir en tal variable sus variaciones debidas a causas comunes de las debidas a causas especiales (atribuibles). El uso adecuado de las cartas de control permitirá detectar cambios y tendencias importantes en los procesos.

Una carta de control esta compuesta por cierto tipo de elementos, que son básicos o típicos en cualquiera de ellas, entre los que podemos mencionar:

- Se compone básicamente de tres líneas paralelas, comúnmente horizontales, que rematan a la izquierda en una escala numérica en las unidades de la variable,  $X$ , que se grafica en la carta.
- En la parte de abajo, paralela a las líneas hay un eje que sirve para identificar a quién pertenece cada valor de la variable que ha sido representado en la carta mediante un punto. En caso de que el eje sea una escala cronológica, entonces los puntos consecutivos se unen con una línea recta.
- La línea central de una carta de control representa el promedio de la variable que se está graficando, cuando el proceso se encuentra en control estadístico.
- Las otras dos líneas se llaman límites de control, superior e inferior, y están en una posición tal que, cuando el proceso está en control estadístico, hay una alta probabilidad de que prácticamente todos los valores de la variable (puntos) caigan dentro de los límites.

De lo anterior podemos deducir, que si todos los puntos están dentro de los límites, entonces se supone que el proceso está en control estadístico. Por el contrario, si al menos un punto está fuera de los límites de control, entonces esto es una señal de que el proceso está fuera de control estadístico, por lo que es necesario investigar cuál es la causa de este comportamiento especial. En general, los límites de control son estimaciones de la amplitud de la variación natural de la variable que se grafica.

En una carta de control no solamente se observa que un punto caiga fuera de los límites de control, sino también cualquier formación o patrón de puntos que tenga muy poca probabilidad de ocurrir en condiciones “normales”, lo cual será una señal de alerta sobre posibles cambios debidos a causas especiales.

**Límites de control.** La ubicación de los límites de control en una carta es un aspecto fundamental, ya que si éstos se ubican demasiado lejanos de la línea central entonces será más difícil detectar los cambios en el proceso creando el error tipo 2, mientras que si se ubican demasiado cercanos se creará el error tipo 1.

Para calcular los límites de control se debe proceder de tal forma que, bajo condiciones de control estadístico, la variable que se grafica en la carta tenga una alta probabilidad de caer dentro de tales límites. Por lo tanto, una forma de calcularlo es encontrando la distribución de probabilidades de la variable, estimar sus parámetros y ubicar los límites de tal forma que un alto porcentaje de la distribución esté dentro de ellos; a los límites encontrados por medio de este método se les conoce como límites de probabilidad. Otra manera de calcularlos es por medio de los teoremas mencionados anteriormente con respecto al vínculo entre la media y su desviación estándar, denominados **desigualdad de Chebyshev** y la **regla empírica**, los cuales expresan que entre  $\bar{X} \pm 3S$  está el 99% de los datos de la muestra de una variable, que posee una distribución normal.

Bajo las condiciones descritas anteriormente, se presenta a continuación un modelo general para una carta de control.

Sea  $X$  la variable (o estadístico) que se va a graficar en la carta de control, y suponiendo que su media es  $\mu_X$  y su desviación estándar  $\sigma_X$ , entonces el límite de control superior (LCS), la línea central y el límite de control inferior (LCI) están dados por:

$$LCS = \mu_X + 3\sigma_X$$

$$Linea\_central = \mu_X$$

$$LCI = \mu_X - 3\sigma_X$$

Con estos límites, y bajo condiciones de control estadístico, se tendrá una alta probabilidad de que los valores de  $X$  estén dentro de ellos. A este tipo de cartas de control se les conoce como cartas de control de Shewhart.

La utilidad fundamental de las cartas de control es contribuir a cada una de las actividades del CTC: controlar, mejorar e innovar procesos, distinguiendo entre variaciones aleatorias (debidas a causas comunes) y variaciones especiales.

Existen dos tipos generales de cartas de control: para **variables** y para **atributos**. Las primeras se denominan así por que se utilizan para graficar variables (o características de calidad) de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición para medirse (pesos, volúmenes, voltajes, longitudes, resistencias, temperaturas, humedad, etcétera). Las cartas para variables tipo Shewhart más usuales son:

- $\bar{x}$  (de promedios)
- $R$  (de rangos)
- $S$  (de desviaciones estándar)
- $X$  (de medidas individuales)

La existencia de los diferentes tipos de cartas de control para variables, se deben al tipo de variable por medio de la cual se tratará de controlar una característica importante de un producto o un proceso.

Existen muchas características de calidad que no son medidas con un instrumento de medición en una escala continua o al menos en una escala numérica. En estos casos, el producto se juzga como conforme o no conforme, dependiendo de si posee ciertos atributos, y al producto se le podrá contar el número de defectos o no conformidades que posee el mismo. La variabilidad y tendencia central de este tipo de características de calidad de tipo discreto serán analizadas a través de las cartas de control para atributos:

- $p$  (proporción o fracción de artículos defectuosos)
- $np$  (número de unidades defectuosas)
- $c$  (número de defectos)
- $u$  (número de defectos por unidad)

A continuación se muestra un ejemplo de una carta de control para variables, del tipo de  $\bar{x} - R$  (promedios y rangos).

En la construcción de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente, una característica importante de la carpeta de rodadura es la estabilidad que posee por el método de diseño, en este caso el método Marshall, la cual debe permanecer según las especificaciones elaboradas por SIECA, en un rango entre 8 -20 KN. De esta manera el valor nominal de la estabilidad marshall es de 14 KN y si cae dentro del rango se considerará aun tolerable.

TABLA 2 – 6

Estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica en caliente						
Muestra o subgrupo	Estabilidad Marshall (KN)			Media	Rango	Desviación Estandar
1	15.29	18.51		16.9	3.2	2.3
2	17.2	18.1		17.7	0.9	0.6
3	17.6			17.6	0.0	no existe
4	19.6	19.6		19.6	0.0	0.0
5	18.4			18.4	0.0	no existe
6	18.2	17.3		17.8	0.9	0.6
7	15.4	15.4		15.4	0.0	0.0
8	16.49	17.8	17.8	17.4	1.3	0.8
9	16.7			16.7	0.0	no existe
10	17.4	19.5		18.5	2.1	1.5
11	17.7	18.03		17.9	0.3	0.2
12	18.44	18.44		18.4	0.0	0.0
13	16.9	17.7	17.7	17.4	0.8	0.5
14	16.7	16.56		16.6	0.1	0.1
15	18.9	16.9		17.9	2.0	1.4
16	18.7	17.2	18.7	18.2	1.5	0.9
17	17.9	17.9	17.9	17.9	0.0	0.0
18	18.4	18.4	18.4	18.4	0.0	0.0
19	19.18			19.2	0.0	no existe
20	18.36	17.89		18.1	0.5	0.3
21	18.06	19.28		18.7	1.2	0.9
				<b>17.8</b>	<b>0.7</b>	<b>0.6</b>

**17.8** Media de las medias muestrales  
**0.7** Rango promedio de los rangos muestrales  
**0.6** Desviación de las desviaciones estandar muestrales

La forma operativa de construir una carta  $\bar{X}$  inicia determinando la característica de calidad que en nuestro caso es la estabilidad marshall. Para hacer un estudio inicial del desempeño del proceso sobre el tiempo en cuanto a la característica de calidad, es necesario primero obtener muestras y ensayar la

mezcla asfáltica de alguna manera que refleje el comportamiento del proceso de colocación en un lapso de tiempo suficientemente representativo, por ejemplo dos semanas, un mes o un mes y medio. Usualmente esto se logra midiendo la característica de calidad de una cantidad de mezcla servida consecutivamente cada determinado periodo y, en lugar de analizar las medidas individuales se analizan las media y los rangos de las muestras. En el ejemplo que nos ocupa se ha tomado una cantidad de muestras regularmente los días en que hay procesos de colocación de mezcla asfáltica durante el mes de Octubre y se han tabulado; además, se incluyen la media y el rango de cada muestra. Todo lo anterior se muestra en la tabla 2 - 6.

La carta  $\bar{x}$ , analiza el comportamiento sobre el tiempo de la columna de medias (ver figura 2 – 17), con lo cual se tendrá información sobre la tendencia central y sobre la variación entre las muestras. Para calcular los límites de control establecidos por la variación propia del proceso es necesario contar con alrededor de 20 muestras, como es nuestro caso. Como lo habíamos mencionado anteriormente los límites de control están determinados por el teorema de Chebyshev y la regla empírica y se grafica en la carta.

Por lo tanto, en el caso de los datos de la tabla mostrada anteriormente, correspondientes a la estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica, los límites de control para la carta  $\bar{x}$  son los siguientes:

$$\begin{aligned} LCS &= 17.8 + 3 * 0.6 = 19.6 \text{ (línea azul superior)} \\ \text{Línea Central} &= 17.8 \\ LCI &= 17.8 - 3 * 0.6 = 16.0 \text{ (línea azul inferior)} \end{aligned}$$

Las líneas rojas que se encuentran en la figura, muestran los límites según especificaciones y las líneas azules muestran los límites de control. Se puede observar en base a la figura que el proceso sigue una tendencia no muy dispersa, pero sin embargo no se encuentra en control estadístico y aunque cumple con las especificaciones. Debería de investigarse lo que ocurrió en la cuarta y séptima muestra debido a su incumplimiento con los límites de control.



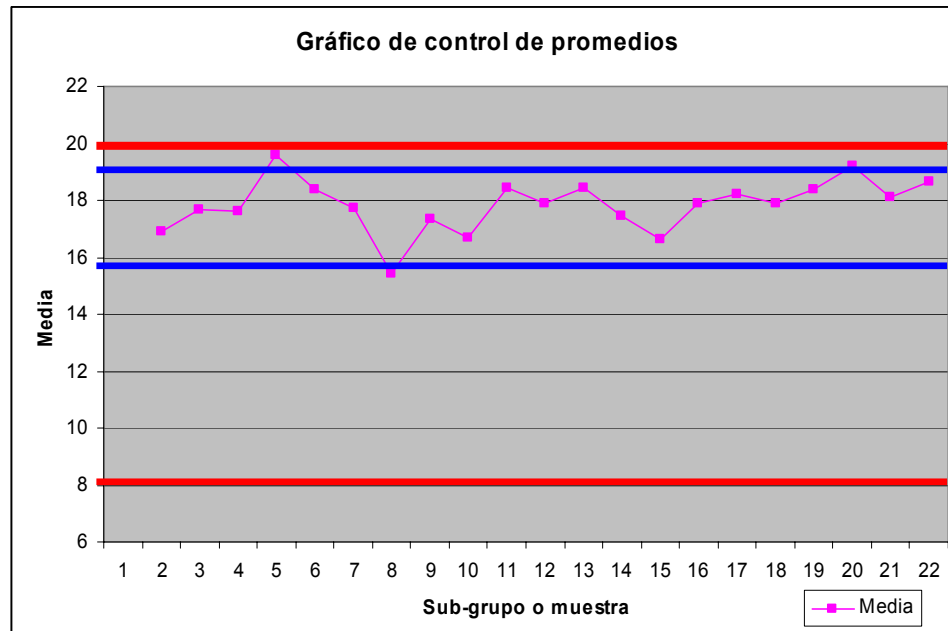


Figura 2 - 17

*Carta de medias para la estabilidad Marshall*

La carta  $R$ , es utilizada para estudiar la variabilidad de una característica de calidad de un producto o un proceso, y en ella se analiza el comportamiento sobre el tiempo de los rangos de las muestras o subgrupos (ver fig 2 – 18). Los límites de control para esta carta se obtienen a partir de la misma forma utilizada en la carta anterior: la gráfica  $\pm$  tres veces la desviación estándar de la variable que se grafica en la carta, que en esta caso son los rangos de las muestras, es decir:

$$LCS = \mu_R + 3\sigma_R$$

$$\text{Linea\_central} = \mu_R$$

$$LCI = \mu_R - 3\sigma_R$$

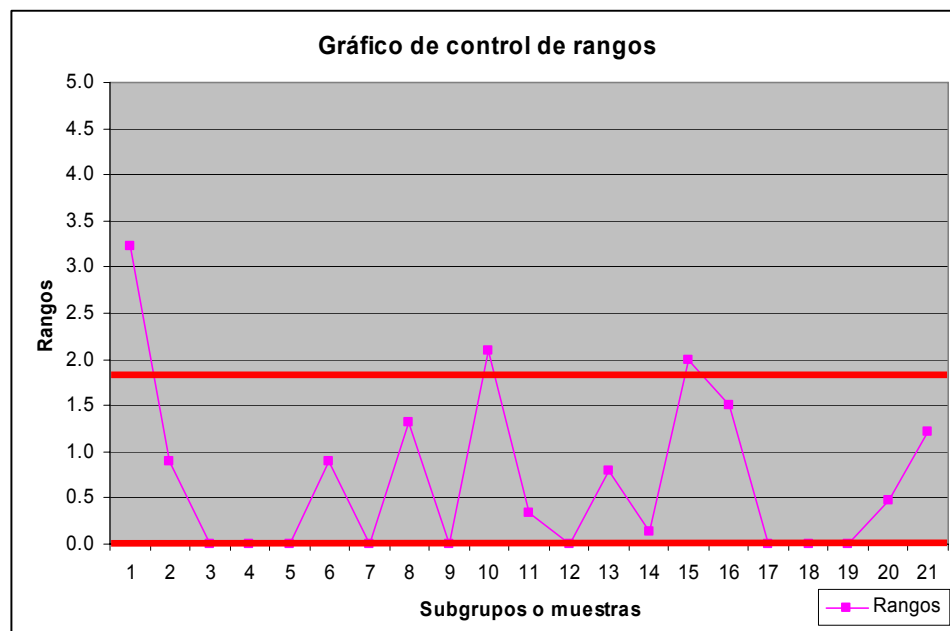
Aunque se pueden calcular basándose de la tabla del anexo 2 – 1, que muestra algunos factores para la construcción de las cartas de control. Quedando la formula anterior de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} LCS &= D_4 \bar{R} \\ \text{Línea central} &= \bar{R} \\ LCI &= D_3 \bar{R} \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores de  $D_3$  y  $D_4$  para  $n = 3$ , por los valores expresados en la tabla de anexo 2 – 1, tenemos:

$$\begin{aligned} LCS &= 2.575 * 0.7 = 1.80 \text{ (línea roja superior)} \\ \text{Línea Central} &= 0.7 \\ LCI &= 0.0 * 0.7 = 0.0 \text{ (línea roja inferior)} \end{aligned}$$

En la correspondiente carta  $R$ , se aprecia que el proceso no estuvo en control estadístico en cuanto a variabilidad, por lo que el rango de las muestras de tres medidas de estabilidad Marshall no fluctúa de manera estable entre 0 y 1.8 KN, esto se puede observar en los punto 1, 10 y 15 del gráfico, en los cuales se presentó una variabilidad elevada especialmente en el primer punto. Además se debe investigar el por qué del frecuente resultado de valores iguales a cero. Este tipo de herramientas pueden ser la pauta para el inicio de investigaciones que permitan estudiar la variabilidad, que afecta las características de la calidad en la construcción de los pavimentos asfálticos en caliente.



*Figura 2 - 18*

*Carta de rangos promedios para la estabilidad Marshall*

## 2.5 – MAQUINARIA Y EQUIPO

Este es otro de los factores que afectan la variación en el proceso constructivo, aunque la mayoría no toman importancia y desconocen que un control de este puede mejorar varios aspectos tales como: el tiempo, la producción y calidad del producto entre otros, además de disminuir los costos en la construcción.

Estos factores se tratarán de forma separada para facilitar su análisis.

### 2.5.1 – Maquinaria

De acuerdo al grado de desarrollo tecnológico alcanzado en esta época, la maquinaria se encuentra presente en todas y cada una de las etapas de desarrollo de un proyecto de construcción de carreteras; esta se ha ido desarrollando y transformando a medida que la tecnología ha avanzado. Dicha maquinaria juega un papel muy importante en la calidad de un pavimento, ya que interactúa directamente con la estructura del mismo. Sin embargo se puede observar la existencia de poca referencia, de acuerdo a normas, que se refieran a este componente (maquinaria) de la construcción de un pavimento.

La información encontrada con respecto a la maquinaria utilizada para la construcción, queda referida a documentos afines, que tratan el estudio de este elemento.

La maquinaria utilizada en el proceso constructivo de la estructura básica de un pavimento flexible es la siguiente:

<b>Construcción de la capa de Sub-base</b>	<b>Construcción de la Imprimación</b>
➤ Camiones de volteo	➤ Barredora Mecánica
➤ Motoniveladora	➤ Distribuidor de asfalto
➤ Maquinaria de Compactación	➤ Distribuidor de agregado
➤ Camión cisterna	➤ Camión de volteo
	➤ Maquinaria de Compactación
	➤ Camión cisterna

<b>Construcción de la capa de Base</b>	<b>Construcción de la Carpeta de rodadura</b>
➤ Camión de volteo	➤ Pavimentadora, extendedora o colocadora de mezcla asfáltica
➤ Motoniveladora.	➤ Camión de volteo (volquetas)
➤ Maquinaria de Compactación	➤ Maquinaria de Compactación
➤ Mini-cargadoras	
➤ Cargadoras	
➤ Mezcladora (Recicladora)	
➤ Camión cisterna	

Se ha dividido o clasificado la maquinaria por cada una de las capas que forman la estructura del pavimento, tratando de estratificar su clasificación, mostrando la maquinaria que se utiliza para cada elemento que compone la estructura del pavimento; aunque puede parecer un poco repetitivo, es conveniente, separar la maquinaria. Ya que si se presentase un problema en una parte específica de la estructura de un pavimento, se puede determinar y analizar únicamente la maquinaria que es utilizada para realizarla.

#### **2.5.1.1 – Características de la maquinaria.**

Cada máquina utilizada posee particularidades especiales, que le ayudan a desempeñar determinados trabajos de una mejor manera, que otras. A continuación se presenta un cuadro resumen (tabla 2 - 7) de la maquinaria comúnmente utilizada en la construcción de los pavimentos flexibles elaborados con mezclas asfálticas en caliente.

Tabla 2 - 7

Nombre	Tipos	Descripción	Partes componentes	Referencias
Barredora mecánica (Fotografía 1)	1. Autopropulsada 2. De cepillo rotatorio	Máquina utilizada para limpiar superficies, ya sea estabilizadas o no, donde se colocarán sustancias que no pueden trabajar bajo la presencia de polvo	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dispositivo de limpieza</li> <li>➤ Velocímetro</li> <li>➤ Inyector de agua</li> <li>➤ Aparatos protectores de polvo</li> </ul>	Consultar el Manual de fabricante de la maquinaria por cualquier duda que pueda presentarse
Distribuidor de agua o Camión cisterna (Fotografía 2)		Es utilizada para esparcir agua requerida en los lugares o zonas determinadas, durante la construcción de un pavimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tanque de almacenamiento</li> <li>➤ Barra de riego y/o manguera</li> <li>➤ Medidor de cantidad</li> </ul>	Algunos requisitos e inspecciones se pueden observar MS - 4 del "Manual Series of the Asphalt Institute"
Camión de volteo	1. Transporte de agregados 2. Transp. mezclas agreg.-asfalto (Fotografía 3)	Son vehículos que se utilizan para el transporte de diversos materiales, desde el sitio de su producción u obtención, hasta el lugar de trabajo de un pavimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dispositivos de volcado</li> <li>➤ Cubierta p/guardar la temperatura</li> <li>➤ Dispositivos p/ medir la temperatura</li> <li>➤ Vagoneta de superficie lisa</li> </ul>	Consultar el Manual de fabricante de la maquinaria por cualquier duda que pueda presentarse
Camión dosificador mecanizado		Vehículos cargados a granel, utilizados para la dosificación o aplicación del cemento para la estabilización de los materiales que forman parte de un pavimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Silo o almacenamiento</li> <li>➤ Tolvas dosificadoras</li> <li>➤ Compuertas regulables</li> <li>➤ Faldones o rampas</li> <li>➤ Dispositivos hidráulicos</li> <li>➤ Pala cargadora</li> <li>➤ Controles</li> </ul>	Requerimientos y especificaciones básicas se pueden encontrar en el capítulo 6 denominado "Compaction" del MS - 22 "Manual series of the Asphalt Institute"
Cargadoras y mini-cargadoras (Fotografía 5)		Son máquinas utilizadas para la recolección de materiales que son o serán utilizados en la construcción de cada una de las partes que componen la estructura del pavimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rodos pata de cabra</li> <li>➤ Dispositivos vibratorios</li> <li>➤ Rodos lisos</li> <li>➤ Dispositivos de humedecimiento</li> <li>➤ Rodos Neumáticos</li> <li>➤ Dispositivos p/limpieza de los rodos</li> </ul>	
Compactadoras (Fotografías 4, 5 y 6)	1. Pata de cabra 2. Rodillo liso 3. Rodillo neumático	Maquinaria utilizada para realizar la compactación de las diferentes capas de la estructura, brindándoles energía a dichas capas para el acomodamiento de las partículas de las mezclas o agregados, destinados a formar parte de esta.		

continuación Tabla 2 – 7

Nombre	Tipos	Descripción	Partes componentes	Referencias
Distribuidor de agregados	Adosados a la parte trasera de los camiones Autopropulsados (Fotografía 7)	Maquinaria que permite la colocación de los agregados, utilizados en el desarrollo de las actividades de construcción de pavimentos, de una manera uniforme y eficaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Acoplamiento</li> <li>➤ Dispositivos reguladores</li> <li>➤ Rodillo sin-fin</li> <li>➤ Velocímetro</li> <li>➤ Tolvas receptora y distrib.</li> <li>➤ Bandas transportadoras</li> <li>➤ Cribas separadoras</li> </ul>	Algunas recomendaciones de mantenimiento se encuentran expresadas en el MS - 4 en su sección 8.2, "Manual Series of the Asphalt Institute"
Distribuidor de asfalto (Fotografía 8)		Maquina diseñada especialmente para aplicar materiales asfálticos de manera uniforme sobre las superficies en cantidades apropiadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tanque de aislamiento</li> <li>➤ Sistema de calentamiento</li> <li>➤ Sistema de circulación</li> <li>➤ Barra de riego y manguera</li> <li>➤ Medidor de asfalto</li> <li>➤ Controles diversos</li> </ul>	Mayor información se puede encontrar en la sección 8.4 del MS - 4 ó el capítulo 5 del MS - 22, "Manual Series of the Asphalt Institute"
Mezcladora o recicladora (Fotografía 9)		Maquinaria utilizada para realizar la mezcla tanto de materiales nuevos, como existentes y las combinaciones de los mismos. A la acción de utilizar los materiales existentes para formar parte del pavimento a construir se le conoce como "reciclado"	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dispositivos hidráulicos</li> <li>➤ Carcasa</li> <li>➤ Discos de corte y mezclado (tambor)</li> </ul>	Consultar el Manual de fabricante de la maquinaria por cualquier duda que pueda presentarse.
Motoniveladora (Fotografía 10)		Maquinaria utilizada, para realizar la conformación, extensión y mezclado parcial de los materiales de sub-base y base, también se utiliza para rectificar las imperfecciones de la	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dispositivos hidráulicos</li> <li>➤ Cuchilla</li> <li>➤ Motor</li> <li>➤ Controles de la cuchilla</li> </ul>	
Pavimentadora o coladora de mezcla asfáltica (Fotografía 11)		Son máquinas automotrices, diseñadas para colocar mezcla asfáltica con un espesor determinado, también proporcionan una compactación inicial de la carpeta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Unidad del tractor</li> <li>Tolva receptora</li> <li>Bandas transportadoras</li> <li>Computas de control</li> <li>Tornillos de distribución, etc.</li> <li>➤ Unidad de engrase</li> <li>Brazos emparejadores</li> <li>Placa emparejadora</li> <li>Unidad de calentamiento</li> <li>Accesorios vibratorios y Controles</li> </ul>	Se puede encontrar mayor información, acerca de las formas de mantenimiento y calibración tanto en el MS - 22, como en el MS - 4, "Manual Series of the Asphalt Institute"



*Fotografía 1: Barredora mecánica de cepillo rotatorio, utilizada para la colocación de un riego de imprimación de una superficie de pavimento.*



*Fotografía 2: Camión de volteo para transporte de mezcla asfáltica.*



*Fotografía 3: Compactadora de rodillo pata de cabra*



*Fotografía 4: Compactadora de rodillo neumático*





*Fotografía 5: Distribuidor autopulsado de agregados*



*Fotografía 6: Distribuidor de materiales asfálticos.*



*Fotografía 7: Máquina mezcladora de materiales y agregados.*



*Fotografía 8: Motoniveladora.*



*Fotografía 9: Pavimentadora utilizada, para la colocación de la carpeta asfáltica.*

#### **2.5.1.2 – Factores que afectan a la maquinaria.**

Anteriormente, nos hemos relacionado con cada una de las máquinas utilizadas en la construcción de un pavimento flexible; definiéndola individualmente y observando algunas de sus características. En los párrafos siguientes de este apartado se hablará de aspectos que ocurren en la actualidad con respecto al control de la calidad de la misma, además se realizará el reconocimiento de los factores comunes que afectan a la maquinaria.

Algo que se observa frecuentemente, es que los planes de control de la calidad en la actualidad, solamente mencionan la maquinaria que se utilizará en la construcción del pavimento, el número de ellas que posee la empresa constructora (capacidad instalada) y en algunas ocasiones el tipo y cantidad de estas que será rentada; olvidando casi por completo aspectos de importancia para la calidad del pavimento como: su mantenimiento, capacidad, entre otros.

Por razones mencionadas anteriormente se realizó un estudio, tanto bibliográfico como de campo, acerca de los problemas que generalmente se dan en el uso de la maquinaria para la construcción de pavimentos flexibles. Se determinó en base a la observación y experiencia que los problemas, relacionados con la maquinaria, que se presentan en una construcción de pavimentos flexibles, son en su mayoría el resultado de la presencia de uno o varios de los factores mostrados en la figura 2 – 19. Y estos son los siguientes:

- Utilización de maquinaria dañada o deteriorada
- Capacidad inadecuada
- Manejo inadecuado
- Renta de maquinaria.

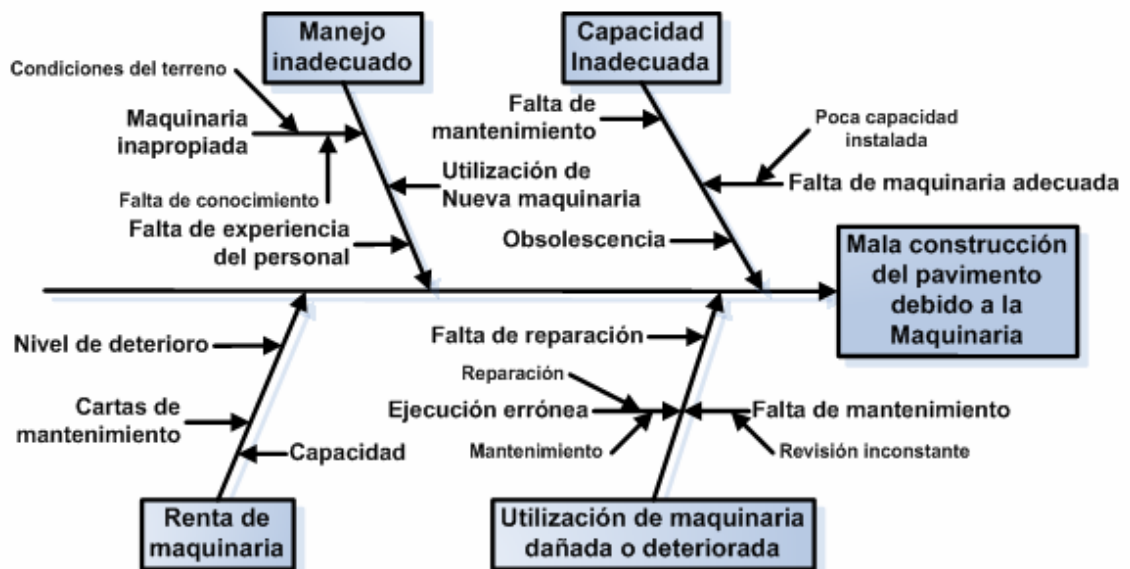


Figura 2 - 19

*Posibles factores (comunes a la maquinaria) que afectan e influyen en el resultado del proceso constructivo de un pavimento flexible.*

Estos factores mencionados anteriormente se pueden hasta cierto punto controlar o minimizar uno a uno de diferentes maneras. Las formas de hacerlo pueden ser diversas entre las que podemos mencionar:

- a) Inspección de los componentes, aplicando técnicas de control como las mencionadas anteriormente en el punto 2.4,
- b) Utilización de control computacional.
- c) Utilización de la guía brindada por el fabricante de la maquina u
- d) Obtención de datos mediante controles informáticos.

La elección de la alternativa más favorable, dependerá de las condiciones especiales de cada proyecto o por decisión de las personas que interviene en su desarrollo.

Analizando cada una de las alternativas mencionadas anteriormente, podemos obtener lo siguiente:

#### **a) Inspección y aplicación de técnicas**

Si nos inclinamos por la inspección de los componentes de la maquinaria, nos damos cuenta (a simple vista) que la cantidad de máquinas que se utilizan en el desarrollo de cualquier proyecto es, relativamente poca. Debido a esto es posible pensar en una inspección al 100% de la misma, observando y revisando cada uno de sus componentes, prestándoles mayor atención ha aquellos que realizan el trabajo o que están en contacto directo con el pavimento. Ahora bien, si nos basamos en las técnicas de control mencionadas en el punto 2.4, se observa que la utilización de aquellas que no necesitan gran cantidad de datos, son de mayor conveniencia en este momento, quedando circunscritos de esta manera a las “hojas de verificación”. Aunque se puede llegar a pensar que su utilización no abarca la inspección de partes de una maquinaria, esto puede observarse desde otro punto de vista, como la observación de posibles problemas o causas que originen problemas en el desarrollo del trabajo de construcción.

Uniendo ambas ideas, inspección y técnica de control, es posible visualizar que se pretende crear un sistema que permita recoger información necesaria, para determinar la calidad con que estará operando la máquina durante la construcción, por medio de hojas o informes breves y precisos del estado de la maquina antes de su utilización y al finalizar el proyecto. Pero la aplicación exigiría enumerar o designar de forma específica cada maquinaria utilizada por las empresas constructoras.

Su aplicación consistiría en la utilización de estas para la inspección de todas y cada una de las máquinas utilizadas. Haciendo un cuadro comparativo de las ventajas e inconvenientes (ver tabla 2 – 8), observamos lo siguiente:

TABLA 2 – 8

Cuadro comparativo de las ventajas e inconvenientes de la inspección.

Ventajas	Inconvenientes
Observación de un control de la calidad y desempeño de la maquinaria	Mayor inversión de tiempo en la obtención y análisis de la información.
Menor cantidad de no-conformidades (errores), por utilización de equipo defectuoso. Ahorro económico en costos de reprocesos o correcciones.	Capacitación de las personas que realizarán la inspección, con respecto a la maquinaria y el control estadístico.
Obtención de documentos que garanticen la aprobación y utilización de la maquinaria.	Mayor costo económico en la obtención y análisis de la información, por utilización de recursos.
Empleo de menor tiempo para aprobación o rechazo de maquinaria que se utilizará en la construcción.	Fabricación de hojas de verificación de cada tipo de maquinaria ha inspeccionar.
Mayor seguridad, de utilización de maquinaria adecuada para realizar los trabajos de construcción.	Exigencia de menor variación en los resultados de las condiciones del pavimento terminado.

Obtención de datos para realizar controles estadísticos de la calidad	
Apertura a mayores estudios relacionados con la maquinaria y su influencia en la calidad del pavimento.	

De acuerdo a las técnicas observadas en punto 2.4, podemos elaborar hojas de verificación para la maquinaria. Tomando en cuenta aspectos importantes de esta como los mencionados anteriormente.

Podemos decir que una hoja de verificación para la inspección de la maquinaria, debe constar básicamente de:


- Fecha en que se llevó a cabo la inspección
- Nombre del proyecto y de la empresa a la que pertenece la máquina
- Denominación de la máquina: se puede realizar por medio de siglas y números de la siguiente manera: A – MD001 (Primero la sigla de la empresa a la que pertenece, segunda designa el tipo de maquinaria, y el número de la máquina dentro de la empresa).
- Tipo y designación de la maquina
- Nombre de la persona que realiza la inspección
- Fecha de último mantenimiento
- Diagrama de la maquinaria que será inspeccionada (puede obviarse, aunque puede ser bastante útil para relacionarse o familiarizarse con la maquinaria inspeccionada, ya que no todas las máquinas tiene sus equipos dispuestos de la misma manera)
- Características a inspeccionar en la maquinaria
- Espacio para que el inspector describa brevemente el estado de la maquinaria
- Espacio para que el inspector pueda escribir observaciones o recomendaciones, de acuerdo a lo observado durante la inspección

- Espacio para decidir la aceptación o rechazo en la utilización de la máquina inspeccionada
- Nombre y firma de la persona que revisa y da validez a la hoja de verificación (en este caso el encargado de la inspección o directamente el ingeniero de control de la calidad).
- Esta técnica, también puede ser utilizada en el desarrollo del trabajo ejercido por la maquinaria. En este caso debe poseer información adicional a la mencionada anteriormente, como:
  - Nombre de la persona que la esta operando
  - Parte de la estructura donde se esta utilizando
  - Tramo de la estructura donde se está realizando el trabajo.
  - Problemas ocurridos en el manejo o utilización de la maquinaria inspeccionada.

A continuación, se muestran propuestas de hojas de verificación para la mayoría de tipos de maquinaria utilizada en la construcción de un pavimento flexible elaborado con mezcla asfáltica en caliente. Estas han sido elaboradas tomando en cuenta, los aspectos mencionados anteriormente:




**TABLA 2 – 9: Ejemplo de hoja de verificación para una máquina mezcladora**

<p>Nombre de la empresa constructora _____</p> <p>Nombre del inspector: _____</p>	<p>Mezcladora</p> <p>Denominación: A – MD001</p>	<p>Fecha de inspección: _____</p> <p>Nombre del proyecto: _____</p> <p>Fecha de último mantenimiento realizado: _____</p>
<p>(De las características a inspeccionar)</p>		
	<p>Nº de discos totales: _____</p> <p>Operación de los discos</p> <p>Nivel de respuesta de los dispositivos hidráulicos</p> <p>Funcionamiento del motor</p> <p>Funcionamiento de la dirección</p>	<p>Nº de discos que poseen dientes faltantes: _____</p> <p>O Funcionan O No funcionan</p> <p>O Excelente O Bueno O Regular</p> <p>O Bueno O Regular</p> <p>O Bueno O Regular</p>
	<p>Fecha de ultima revisión: _____ / ____ / ____</p>	<p>Descripción: _____</p> <p>_____</p>
	<p>Revisó: (nombre de la persona que revisó)</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">Firma</p>	<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p>

**TABLA 2 – 10: Ejemplo de hoja de verificación para una máquina Barredora**

<p>Nombre de la empresa constructora</p> <p>Nombre del inspector: _____</p>	<p>Barredora Mecánica</p> <p>Denominación: A – BM001</p> <p>(De las características a inspeccionar)</p>	<p>Fecha de inspección: _____</p> <p>Nombre del proyecto: _____</p> <p>Fecha de último mantenimiento realizado: _____</p>
	<p>Tipo de dispositivo de Limpieza _____</p> <p>Funcionamiento del dispositivo de Limpieza. <input type="radio"/> Excelente <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular</p> <p>Inyector de agua <input type="radio"/> Funciona <input type="radio"/> No funciona</p> <p>Estado de los protectores de polvo <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular</p> <p>Funcionamiento del marcador de velocidad <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular</p> <p>Funcionamiento de la dirección <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular</p>	
<p>Acceptable <input type="radio"/></p> <p>No aceptable <input type="radio"/></p> <p>Revisó: (nombre de la persona que revisó)</p> <p>_____</p> <p>Firma</p>	<p>Descripción: _____</p> <p>Observaciones: _____</p>	


**TABLA 2 – 11: Ejemplo de hoja de verificación para un Camión de Volteo**

<p>Nombre de la empresa constructora</p> <p>Nombre del inspector: _____</p>	<p>Camión de volteo</p> <p>Denominación: A – CV001</p>	<p>Fecha de inspección: _____</p> <p>Nombre del proyecto: _____</p> <p>Fecha de último mantenimiento realizado: _____</p>
(De las características a inspeccionar)		
	Cubierta	O Posee    O No posee
	Estado de la cubierta	O Excelente   O Bueno   O Regular
	Dispositivos de Volcado	O Funcionan   O No funcionan
	Sistema de medición de temperatura	O Excelente   O Bueno   O Regular
	Estado de la vagoneta	O Bueno    O Regular
	Funcionamiento del motor	O Bueno    O Regular
	Funcionamiento de la dirección	O Bueno    O Regular
<p>Acceptable    <input type="radio"/></p> <p>No aceptable   <input type="radio"/></p>	<p>Descripción: _____</p>	
<p>Revisó: (nombre de la persona que revisó)</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">Firma</p>	<p>Observaciones: _____</p>	

**TABLA 2 – 12: Ejemplo de hoja de verificación para una Compactadora Neumática**

<p>Nombre de la empresa constructora</p> <p>Nombre del inspector: _____</p>	<p>Compactadora Neumática</p> <p>Denominación: A – CN001</p>	<p>Fecha de inspección: _____</p> <p>Nombre del proyecto: _____</p> <p>Fecha de último mantenimiento realizado: _____</p>
	<p>(De las características a inspeccionar)</p> <p>Nº de rodos neumáticos: _____</p> <p>Estado de los neumáticos</p> <p>Dispositivos de limpieza de las llantas</p> <p>Estado de los dispositivos de humedecimiento</p> <p>Funcionamiento de la dirección</p> <p>Funcionamiento del motor</p>	<p>Delanteros : _____</p> <p>Traseros: _____</p> <p>O Excelente O Bueno O Regular</p> <p>O Funcionan O No funcionan</p> <p>O Funcionan O No funcionan</p> <p>O Bueno O Regular</p> <p>O Bueno O Regular</p>
<p>Aceptable <input type="checkbox"/></p> <p>No aceptable <input type="checkbox"/></p> <p>Revisó: (nombre de la persona que revisó)</p> <p>_____</p> <p>Firma</p>	<p>Descripción: _____</p> <p>_____</p> <p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p>	


**TABLA 2 – 13: Ejemplo de hoja de verificación para una Compactadora de Rodillo Liso**

<p>Nombre de la empresa constructora _____</p> <p>Nombre del inspector: _____</p>	<p>Compactadora Rodillo Liso</p> <p>Denominación: A – CL001</p>	<p>Fecha de inspección: _____</p> <p>Nombre del proyecto: _____</p> <p>Fecha de último mantenimiento realizado: _____</p>
<p>(De las características a inspeccionar)</p>		
	<p>N° de rodos: _____</p>	
	<p>Dispositivos vibratorios</p>	<p><input type="radio"/> Posee      <input type="radio"/> No posee <input type="radio"/> Funcionan   <input type="radio"/> No funcionan</p>
	<p>Dispositivos de limpieza de los rodillos</p>	<p><input type="radio"/> Posee      <input type="radio"/> No posee <input type="radio"/> Funcionan   <input type="radio"/> No funcionan</p>
	<p>Estado de los dispositivos de humedecimiento</p>	<p><input type="radio"/> Funcionan   <input type="radio"/> No funcionan</p>
	<p>Funcionamiento de la dirección</p>	<p><input type="radio"/> Bueno      <input type="radio"/> Regular</p>
	<p>Funcionamiento del motor</p>	<p><input type="radio"/> Bueno      <input type="radio"/> Regular</p>
<p>Acceptable    <input type="radio"/> No aceptable   <input type="radio"/></p> <p>Revisó: (nombre de la persona que revisó)</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">Firma</p>	<p>Descripción: _____</p> <p>_____</p> <p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p>	


**TABLA 2 – 14: Ejemplo de hoja de verificación para una Compactadora Pata de Cabra**

<p>Nombre de la empresa constructora</p> <p>Nombre del inspector: _____</p>	<p>Compactadora Pata de Cabra</p> <p>Denominación: A – CP001</p>	<p>Fecha de inspección: _____</p> <p>Nombre del proyecto: _____</p> <p>Fecha de último mantenimiento realizado: _____</p>
(De las características a inspeccionar)		
	<p>N° de rodos: _____</p> <p>Dispositivos Vibratorios  <input type="checkbox"/> Posee      <input type="checkbox"/> No posee  <input type="checkbox"/> Funcionan   <input type="checkbox"/> No funcionan</p> <p>Dispositivos de limpieza de los rodillos  <input type="checkbox"/> Posee      <input type="checkbox"/> No posee  <input type="checkbox"/> Funcionan   <input type="checkbox"/> No funcionan</p> <p>Funcionamiento de la dirección  <input type="checkbox"/> Bueno      <input type="checkbox"/> Regular</p> <p>Funcionamiento del motor  <input type="checkbox"/> Bueno      <input type="checkbox"/> Regular</p>	
<p>Acceptable    <input type="checkbox"/></p> <p>No aceptable   <input type="checkbox"/></p> <p>Revisó: (nombre de la persona que revisó)</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">Firma</p>	<p>Descripción: _____</p> <p>Observaciones: _____</p>	

**TABLA 2 – 15: Ejemplo de hoja de verificación para una máquina Pavimentadora**

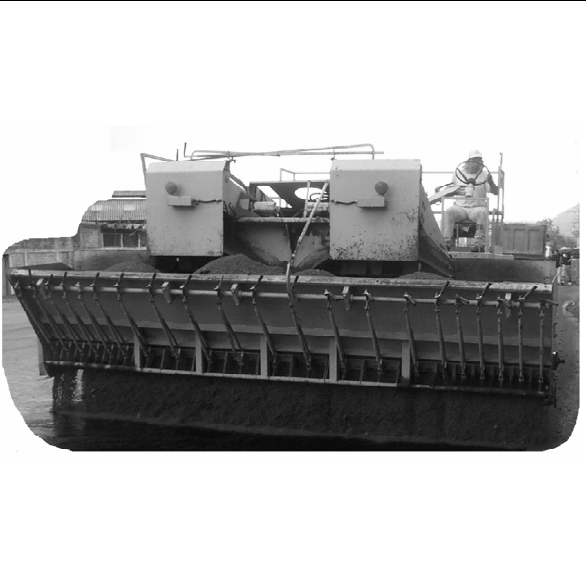
<p>Nombre de la empresa constructora</p> <p>Nombre del inspector: _____</p>	<p>Pavimentadora</p> <p>Denominación: A – PD001</p>	<p>Fecha de inspección: _____</p> <p>Nombre del proyecto: _____</p> <p>Fecha de último mantenimiento realizado: _____</p>
	<p>(De las características a inspeccionar)</p> <p><b>UNIDAD TRACTOR</b></p> <p>Estado de la tolva receptora <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Funcionan <input type="radio"/> No funcionan</p> <p>Bandas transportadoras <input type="radio"/> Funcionan <input type="radio"/> No funcionan</p> <p>Funcionamiento de la compuerta de control <input type="radio"/> Excelente <input type="radio"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular</p> <p>Estado de los tornillos de distrib. Su funcionamiento <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Excelente <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular</p>	
<p>Acceptable <input type="radio"/></p> <p>No aceptable <input type="radio"/></p> <p>Revisó: (nombre de la persona que revisó)</p> <p>_____</p> <p>Firma</p>	<p><b>UNIDAD ENRASADORA</b></p> <p>Estado de los brazos enrasadores <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular</p> <p>Funcionam. placa emparejadora <input type="radio"/> Excelente <input type="radio"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular</p> <p>Funcionam. unidad de calentam. <input type="radio"/> Funcionan <input type="radio"/> No funcionan</p> <p>Estados de accesorios vibratorios <input type="radio"/> Excelente <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular</p> <p>Calibración de los controles <input type="radio"/> Buena <input type="radio"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala</p> <p>Fecha de última calib.: <u>  </u>/<u>  </u>/<u>  </u></p> <p>Descripción: _____</p> <p>_____</p> <p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p>	

**TABLA 2 – 16: Ejemplo de hoja de verificación para una máquina Motoniveladora**

<p>Nombre de la empresa constructora _____</p>	<p>Motoniveladora</p>	<p>Fecha de inspección: _____</p> <p>Nombre del proyecto: _____</p>
<p>Nombre del inspector: _____</p>	<p>Denominación: A – MN001</p>	<p>Fecha de último mantenimiento realizado: _____</p>
	<p>(De las características a inspeccionar)</p>	
	<p>Funcionamiento de los dispositivos hidráulicos</p>	<p><input type="radio"/> Funcionan <input type="radio"/> No funcionan  <input type="radio"/> Excelente <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular</p>
	<p>Funcionamiento y nivel de respuesta de los controles de la cuchilla</p>	<p><input type="radio"/> Funcionan <input type="radio"/> No funcionan  <input type="radio"/> Excelente <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular</p>
	<p>Estado de la cuchilla de corte</p>	<p><input type="radio"/> Excelente <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular</p>
	<p>Funcionamiento del motor</p>	<p><input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular</p>
	<p>Fecha de ultima revisión: _____</p>	<p>_____/_____/_____</p>
<p>Acceptable <input type="radio"/></p> <p>No aceptable <input type="radio"/></p>	<p>Descripción: _____</p> <p>_____</p>	
<p>Revisó: (nombre de la persona que revisó)</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">Firma</p>	<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p>	



**TABLA 2 – 17: Ejemplo de hoja de verificación para un Distribuidor de Agregados**

<p>Nombre de la empresa constructora</p> <p>Nombre del inspector: _____</p>	<p>Distribuidor de Agregados</p> <p>Denominación: A – DA001</p> <p>(De las características a inspeccionar)</p>	<p>Fecha de inspección: _____</p> <p>Nombre del proyecto: _____</p> <p>Fecha de último mantenimiento realizado: _____</p>
	Estado de la tolva receptora	O Excelente O Bueno O Regular
	Estado y Funcionamiento de las bandas transportadoras	O Excelente O Bueno O Regular O Funcionan O No funcionan
	Funcionamiento del rodillo sin-fin	O Funcionan O No funcionan
	Estado de la tolva distribuidora	O Excelente O Bueno O Regular
	Estado de las cribas separadoras	O Excelente O Bueno O Regular
	Funcionamiento de los controles de dirección	O Excelente O Bueno O Regular
	Funcionamiento del velocímetro	O Excelente O Bueno O Regular
	Funcionamiento del motor	O Bueno O Regular
	Fecha de última revisión:	____/____/____
	Descripción: _____	_____
Observaciones: _____	_____	
<p>Revisó: (nombre de la persona que revisó)</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">Firma</p>		

**b) Utilización de control computacional**

Esta forma de control es muy útil para el conocimiento del estado de la maquinaria. Actualmente es utilizada por algunas empresas que brindan alquiler de maquinaria, en el desarrollo de proyectos de construcción. Si se desea mayor información acerca de esta forma de control, sería de mayor conveniencia solicitar las explicaciones correspondientes directamente a dichas empresas.

**c) Utilización de la guía brindada por el fabricante de la maquina**

Esta se puede utilizar en el mantenimiento rutinario que se le debe brindar a la maquinaria. Mediante el uso de los manuales de los fabricantes se pueden determinar los tipos de ajustes que se deben realizar en la maquinaria y cada cuanto tiempo deben hacerse. También estos pueden establecer la base teórica, para brindar la capacitación de las personas que conducen la maquinaria y aquellas personas que se pueden encargar del mantenimiento rutinario. Una opción que puede favorecer la calidad en la utilización de la maquinaria, sería integrar ambos conocimientos (Manejo y mantenimiento) en las personas que utilizan la maquinaria. Esto puede llegar a desarrollar algún tipo de relación entre la persona y la maquina que este bajo su cargo, sin mencionar el desarrollo de su conocimiento y el ahorro económico de personal encargado del mantenimiento.

**d) Obtención de datos mediante controles informáticos**

Toda la información obtenida mediante los controles mencionados anteriormente, puede utilizarse en la construcción de una red informatizada, que contenga todos y cada uno de los datos recabados de la maquinaria utilizada, estratificándola por cada una de las empresas. Esto daría un panorama de la capacidad instalada de la empresa y la calidad de la maquinaria que posee.

Si después de lo mencionado anteriormente, aún se continuase pensando que el desempeño de la maquinaria no presenta influencia alguna en la calidad del

pavimento, podríamos demostrar lo contrario (que la maquinaria ejerce influencia tanto directa como indirectamente), mediante algunos ejemplos como los siguientes:

En el primer ejemplo podemos citar que debido a la falta de mantenimiento en la motoniveladora se averió la transmisión (fotografía 10). Esto puede ocasionar un retraso en las actividades del proyecto o incluso dejar inconcluso el desarrollo de una actividad ejecutada por esta máquina. Obteniendo en última instancia resultados indeseables en el pavimento.

En el segundo ejemplo podemos citar el trabajo desarrollado por una máquina mezcladora, en la cual el manejo inadecuado produce averías en los discos de corte, por utilización en terrenos de condiciones no adecuadas, para el uso de la misma (fotografía 11). Además esto reduce el rendimiento y capacidad de la máquina para la mezcla de los materiales, creando cierto grado de heterogeneidad en la mezcla. Este ejemplo nos hace reflexionar lo siguiente: “en la actualidad, si bien es cierto que la maquinaria tiene cierto grado de mantenimiento, también debemos reconocer, que este mantenimiento es realizado (en su mayoría) por personal sin o con poca experiencia en el mantenimiento de estas máquinas”.



*Fotografía 10: Reparación de la transmisión de una motoniveladora.*



*Fotografía 11: Se observa un diente perteneciente a un disco de corte de una máquina mezcladora, que fue desprendido de la misma durante la operación de mezclado de materiales, al encontrarse con roca en el lugar.*



*Fotografía 12: Un empleado realizando el mantenimiento y reparación de los discos de la máquina mezcladora. Mediante el retiro de rocas incrustadas entre los discos de corte y la colocación de algunos dientes de los mismos.*

Así como los ejemplos mencionados anteriormente, existen otros sucesos que nos permiten razonar la importancia del factor maquinaria en la calidad de la construcción de un pavimento. Razón por la cual se debe prestar mayor interés al estudio del mismo.

### **2.5.2 – Equipo**

Son todas aquellas herramientas, instrumentos o aparatos de uso convencional; utilizados para el desarrollo de diferentes actividades, en el área de la construcción.

Los equipos en conjunto con la maquinaria y de forma incidental, se utilizan en el desarrollo de los diferentes trabajos, necesarios para la construcción de una estructura de pavimentos flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente. Razón de la importancia del equipo en el desarrollo de cualquier obra de construcción de pavimentos flexibles y también de su referencia en el manual de especificaciones de la SIECA, en su sección 104.09.

El equipo utilizado para realizar las diferentes actividades en la construcción de una carretera es variado; el cual puede ir desde una simple balanza o cinta métrica, hasta equipo más complejo como lo es una cortadora mecánica o un aparato de medición con estación total. De igual manera su utilización es muy variada; ya que hay equipo que puede ser utilizado como un instrumento para tomar medidas hasta equipo utilizado para protegernos de los accidentes más frecuentes ocurridos en el desempeño de las labores.

De acuerdo a su uso en el desarrollo de las diferentes actividades de construcción de un pavimento flexibles en caliente, podemos agrupar a los equipos de la siguiente manera:

- Equipo de medición y ensayo: utilizado en el desarrollo de los ensayos de laboratorio y en la medición de las características de los materiales y mezclas.
- Equipo de topografía: utilizado para la definición y verificación de los aspectos geométricos del pavimento
- Herramientas: Son distintos instrumentos utilizados como auxilio de las máquinas, para realizar los trabajos de construcción de cada una de las capas estructurales del pavimento.

- Equipo auxiliar de terracería: son aparatos que se conectan a la maquinaria, para que estas puedan realizar trabajos diferentes.
- Equipo de seguridad: utilizado por el personal que realiza las actividades, para protegerlos de los accidentes que ocurren con mayor frecuencia en el desarrollo de las mismas.

### **2.5.2.1 – Descripción del equipo**

Intentar describir todos y cada uno de los diferentes equipos utilizados en las actividades de construcción de un pavimento flexible, sería demasiado extenso, sin mencionar que resultaría vago y repetitivo y hasta cierto punto tedioso. Es por esta razón que su estudio se realizará de acuerdo a la división mostrada anteriormente.

#### **Equipo de medición y ensayo.**

Este consiste de todos aquellos equipos como: balanzas, termómetros, mallas, matraces, hornos de secado, copas de casa grande, espátulas, carretillas, moldes, pie de rey, etc; que son utilizados y descritos en los diferentes ensayos tanto de laboratorio como de campo. Podemos encontrar en cada norma utilizada para realizar los ensayos, ya sea de la ASTM o de AASHTO, los diferentes equipos utilizados para su desarrollo.

#### **Equipo de topografía.**

Estos consisten de todos aquellos equipos utilizados para ejecutar las actividades topográficas en el proyecto, tales como: Teodolito o Estación total, Nivel fijo o de mano, Trípode, Estadia, entre otros.

La condición que deben presentar estos equipos a la hora de su utilización en la construcción de carreteras se expresa en la sección 152.01 literal b), de las especificaciones elaboradas por la SIECA.

Los requisitos de tolerancias de la mediciones elaboradas por este se expresan en la tabla 152-1 de la sección mencionada anteriormente. También pueden

encontrarse requisitos diferentes en especificaciones especiales elaboradas para proyectos específicos.

### **Herramientas.**

Son de uso general y consisten en: palas, piochas, rastrillos, martillos, carretillas, herramientas de reparación, baldes, etc. Utilizados para facilitar ciertos trabajos y como auxilios para el desempeño de trabajos realizados por las máquinas. Generalmente, estas herramientas poseen una vida útil muy corta, razón por la que no necesitan mantenimiento. Sin embargo, es importante estar seguro de no utilizar herramientas averiadas o que exista una cantidad suficiente para suplir la capacidad del personal.

### **Equipo auxiliar de terracería.**

Por lo general estos no forman parte de una maquinaria definida, sino más bien son accesorios que pueden ser instalados.

Como ejemplos de los mismos podemos mencionar aquellos dientes utilizados para realizar la escarificación de superficies y cuchillas para raspar superficies, que son adaptados a maquinarias como motoniveladoras.

### **Equipos de seguridad.**

Son los implementos como, mascarillas, anteojos, guantes, botas de hule y otros, usados para el manejo de los diferentes materiales, tanto en el laboratorio como en el campo y utilizados por las personas como protección.

Estos al igual que las herramientas no necesitan mantenimiento por su corta vida útil. Pero si se necesita tener la cantidad suficiente para cubrir a todo el personal.

Existe un tipo especial de equipo, que puede formar parte de cualquier grupo mencionado en la clasificación anterior. Este es el **equipo de alquiler**, el cual hace referencia a un tipo de equipo que no es parte de la capacidad instalada que posee el contratante y que se obtiene por medio de una base legal que es el contrato.



El manual de especificaciones elaborado por la SIECA y el manual de especificaciones “FP”, hacen referencia a este tipo de equipo en su sección 622 denominada “Alquiler de equipo”; en esta se mencionan los requerimientos necesarios para la aceptación de este tipo de equipos.

### 2.5.2.2 – Factores que afectan al equipo.

Aunque el equipo es muy diverso, pueden existir aspectos que los afecten de manera común, a cada grupo mencionado anteriormente (ver fig. 2 - 20). El estudio de dichos aspectos es de mucha importancia, ya que influyen en la calidad resultante del proyecto de pavimentación.

Uno de los factores más importantes es la “falta de mantenimiento en el equipo utilizado”, esto puede causar un desajuste del mismo, terminando finalmente en la producción de resultados no acordes a los requerimientos del pavimento a construir.



Figura 2 - 20

*Posibles factores comunes que pueden afectar al equipo utilizado en la construcción de un pavimento.*

Para mencionar un ejemplo con relación a este factor, podemos decir lo siguiente: En el caso de los equipos de medición estos deben ser calibrados,

para evitar errores al momento de su utilización, dando como resultados valores erróneos o no acordes a lo que está sucediendo realmente. De igual manera un desajuste por falta de mantenimiento, puede ocurrir en algunos de los equipos de topografía, aunque en este caso solamente unos pocos necesitan mantenimiento y calibración, ellos son el teodolito o la estación total, el nivel y la estadia. De la misma forma los demás grupos, son influenciados por el factor “mantenimiento”.

Actualmente, si bien es cierto, puede observarse cierto grado de interés en la exigencia del control de la calidad de los equipos mediante inspecciones de aceptación y rechazo. También, se debe mencionar que el grado de efectividad de los mismos a veces es muy bajo; sin mencionar el costo por tiempo invertido en la comprobación del buen funcionamiento de los mismos. No podemos decir y asegurar que todas las ideas aportadas hasta la fecha y relacionadas con el control de los equipos son malas o que no aportan ningún beneficio; ya que existen algunas ideas buenas que se pueden tomar, como la elaboración de cuadros de los equipos utilizados en el laboratorio para las pruebas que se anexan a los planes de control, estos se pueden mejorar de cierta manera.

Como en nuestro caso, lo que nos interesa, no es comprobar uno a uno el buen funcionamiento de los equipos, más bien es garantizar el funcionamiento en conjunto de los equipos, es decir, por ejemplo comprobar si todo el equipo utilizado para el desarrollo de una prueba se encuentra acorde a los requisitos exigidos y no si solamente un termómetro se encuentra descalibrado.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores puede pensarse en una manera de realizar el control de la calidad de los equipos, de la siguiente manera:

- a) Agrupar los equipos que son utilizados con mayor frecuencia.
- b) Designar los grupos.
- c) Utilizar la estratificación.
- d) Utilizar el muestreo al azar estratificado (mencionado en el punto 2.4.2)

- e) Realizar pruebas con los equipos muestreados
- f) Determinar su aceptación o rechazo
- g) Lograr cierta garantía en el funcionamiento de los equipos.

#### **a) Agrupar**

Primero podemos, pensar en la agrupación de los equipos que interactúan entre sí con mayor frecuencia. Como por ejemplo: un grupo de equipos utilizados para realizar un ensayo específico o un grupo de equipos utilizados por una cuadrilla topográfica específica o el conjunto de herramientas (como: palas, rastrillos, etc), entre otros.

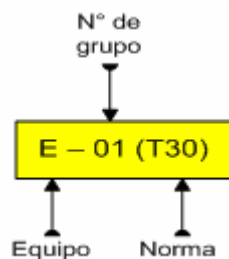
Para explicar las demás partes de este procedimiento, tomaremos el ejemplo de un grupo de equipos de laboratorio.

#### **b) Designar**

De la misma manera, como se mostró en la maquinaria, puede aplicarse al equipo, suponiendo que se analizará el equipo de laboratorio. Suponiendo que para un proyecto “X”, se realizarán ciertos ensayos nombrados por la designación de la norma que los menciona. Una tabla que relaciona la designación de la norma, los equipos utilizados para realizarla y una posible designación que se les puede brindar, se muestra a continuación:

TABLA 2 – 18

<b>Norma (AASHTO)</b>	<b>Equipos a utilizar</b>	<b>Designación o etiqueta (de los grupos)</b>
T 30	Balanza de 0.1 de precisión y tamices.	E – 01 (T30) E – 02 (T30)
T 85	Balanza, contenedor de muestras, tanque de agua, aparato de suspensión y tamices.	E – 01 (T85) E – 02 (T85)
T 89	Recipiente de porcelana, espátula, copa de casa grande, ranurador, contenedor, balanzas y horno.	E – 01 (T89) E – 02 (T89) E – 03 (T89)



*Figura 2 – 21*

*Ejemplo del tipo de etiqueta que se recomienda utilizar para la identificación.*

Esta designación debe colocarse en los grupos designados como una etiqueta que los pueda identificar.

### **c) Estratificar**

La primera estratificación puede resultar de la división mencionada anteriormente (en el punto 2.5.2). El segundo nivel de la estratificación resulta de la primera división, estratificando los primeros grupos.

El equipo utilizado en los ensayos del laboratorio se puede estratificar de acuerdo al tipo de material a ensayar.

### **d) Muestreo**

Se aplicará el muestreo al azar estratificado, como se mencionó anteriormente. Como el equipo utilizado es poco, se pueden tomar como muestras, 3 ó 4 grupos de equipo por cada área (agregados, materiales bituminosos y cemento hidráulicos).

### **e) Ensayos de prueba**

Con los grupos escogidos, se deben realizar los respectivos ensayos para comprobar el buen funcionamiento de estos.

### **f) Determinación**

De acuerdo a lo observado en el desarrollo de la prueba, se puede aceptar o rechazar la utilización de este equipo; o también pueden darse recomendaciones u observaciones para la mejora de este o su aceptación.

**g) Garantía**

Con el desarrollo del proceso se puede lograr un nivel de garantía aceptable mediante el cual se pueda conocer la calidad en el servicio brindado, además se puede crear un sistema de aceptación que consistiría en la extensión de una constancia que puede influir en la aceptación de los equipos utilizados.

Lo descrito anteriormente es una propuesta de control que puede beneficiar la calidad del pavimento construido, al garantizar la utilización de equipo en buen estado, mediante procedimientos documentados de control de equipo para verificar el cumplimiento de estos con los requisitos especificados en las normas.

En cuanto a los cuadros de equipos utilizados en la actualidad, podemos decir que es excelente dividir los equipos que se utiliza en el laboratorio de campo y el que se utiliza en el laboratorio central. Y expresar en ellos la cantidad que se posee de cada equipo en cada uno de los laboratorios. Además, sería bastante útil anexar en estos cuadros la fecha del último mantenimiento o revisión efectuada en los mismos y mencionar en que pruebas se utilizan.

## **2.6 – CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES**

Ante un crecimiento acelerado de la oferta en los materiales, por parte de los proveedores (tratando de fabricar productos a más bajo costo), en el sector de la construcción; constructores, arquitectos, proveedores y representantes de organismos públicos y privados coinciden en la urgente necesidad de tener más información cuantificable y objetiva. Es decir, se ve en la necesidad de especificar con mayor rigor los productos que se utilizan en las obras.

Conocer la calidad de los materiales antes de su utilización ayuda a que algunos constructores puedan observar una posible amenaza en cuanto a su incumplimiento con respecto a las especificaciones, pues un aparente beneficio económico suele equilibrarse con falencias de información, regulación y certificación de la calidad de los productos disminuyendo la calidad del pavimento construido. Las especificaciones del manual elaborado por la SIECA abordan parte de esta problemática en su sección 104.07 denominada “materiales”. Este apartado también menciona otros puntos como: el transporte, la clasificación, limpieza, entre otros.

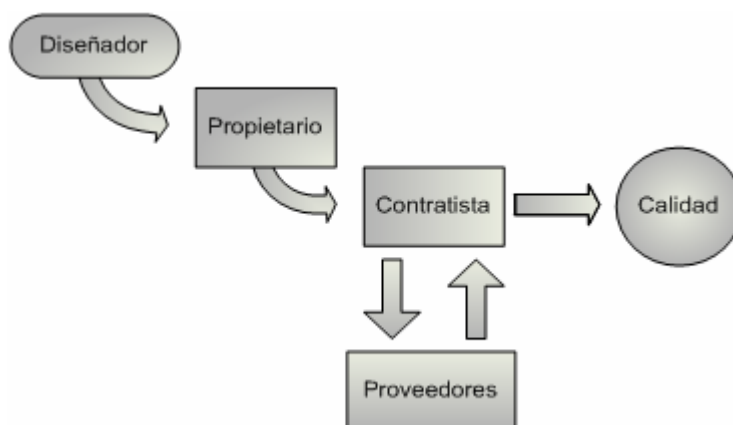
La sección 106 del manual centroamericano, al igual que la sección 105 del manual de especificaciones “FP”, mencionan ciertos aspectos relacionados con los bancos de préstamo que suministrarán los agregados para el desarrollo de un proyecto.

Los responsables que intervienen en los materiales utilizados para la construcción de una vía de comunicación se mencionan a continuación y lo hacen de esta forma:

Los materiales empleados en un proyecto son especificados por el diseñador, quien transfiere la información al propietario o propietarios del proyecto, estos a su vez se las proporcionan a las constructoras que finalmente adquieren los materiales y productos necesarios, además son estos quienes emplean los

materiales para la construcción de una obra civil, influyendo directamente en su calidad (Figura 2 – 22).

También intervienen en este proceso los proveedores, quienes poseen información acerca de sus productos y procesos, y son los encargados que deben, en primer momento, mantener la calidad de sus productos al momento de su fabricación.



*Figura 2 - 22*

*Muestra el flujo de información acerca de los materiales utilizados en la construcción de un pavimento flexible.*

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, podemos dividir el estudio de los factores que afectan a los materiales en 3 etapas:

1. Diseño (El diseñador y el propietario)
2. Manufactura (Los proveedores)
3. Utilización (Los Constructores)

Debido a los alcances de este trabajo, solamente se presentará el análisis de los factores debido a la última etapa.

### **2.6.1 – Características de los Materiales**

Podemos dividir los materiales utilizados en la construcción de pavimentos flexibles, de acuerdo a los tipos de capas que existen y que forman la estructura del pavimento, de la siguiente manera:

**Sub-base o Base granular (no estabilizada)**

Los requisitos acerca de los materiales utilizados para la realización de este tipo de capa, se enuncian en la sección 301.02 tanto de las especificaciones elaboradas por la SIECA como las “FP”; los materiales utilizados son los siguientes:

- Agregados o material selecto y
- Agua.

**Sub-base o Base estabilizada (con cemento)**

Los materiales requeridos para la construcción de este tipo de capa, ya sea sub-base o base, se enuncian en la sección 302.02 tanto de las especificaciones elaboradas por la SIECA como las “FP”, los que se utilizan generalmente, son los siguientes:

- Agregados,
- Cemento hidráulico y
- Agua.

**Base tratada con asfalto (base negra)**

Los materiales requeridos para la construcción de este tipo de capa base, se enuncian en la sección 309.02, tanto de las especificaciones elaboradas por la SIECA como las “FP”, y son los siguientes:

- Agregados o Material Selecto,
- Emulsiones asfálticas (generalmente cationicas de curado lento) y
- Agua

**Imprimación**

Los materiales utilizados para realizar esta actividad se enuncian en la sub-sección 411.02 del manual de especificaciones elaborado por la SIECA y en el manual de especificaciones “FP”, los cuales son:



- Emulsiones asfálticas o Asfaltos rebajados (generalmente de curado rápido)
- Material de secado.

### **Carpeta de rodadura.**

Esta parte de la estructura esta constituida únicamente por:

*Mezcla asfáltica* procesada en planta en caliente. La mezcla asfáltica esta fabricada con los siguientes materiales:

- Cemento asfáltico,
- Agregados de trituración o material selecto,
- Aditivos y
- Relleno mineral.

Si se desea realizar el estudio de los materiales, se recomienda se agrupen de acuerdo a la semejanza de sus características, ya que seria más favorable, por que causas similares los afectan de igual manera.

Con lo mencionado anteriormente especificamos la forma en que se deberían agrupar los materiales para su estudio, de la siguiente manera:

1. Materiales asfálticos.
2. Agregados.
3. Cemento hidráulico
4. Agua.

#### **2.6.1.1 – MATERIALES ASFALTICOS**

El asfalto es un derivado del petróleo, y es obtenido por medio del proceso de destilación del mismo. Los materiales asfálticos utilizados para la construcción de un pavimento flexible elaborado con mezcla asfáltica en caliente pueden clasificarse bajo tres tipos generales:

**Cementos asfálticos:** El cemento asfáltico es el utilizado para fabricar la mezcla asfáltica en caliente. Este material se define y se especifica bajo la

sección 702.01 tanto del manual de especificaciones elaborado por la SIECA como el manual de especificaciones “FP”; en esta sección podemos encontrar los diferentes requisitos que este debe cumplir para ser utilizado en la fabricación de la mezcla asfáltica.

**Asfalto diluido (o rebajado):** Son mezclas solubles entre cementos asfálticos y solventes que favorecen las aplicaciones de los mismos a temperatura ambiente. Otra definición los expresa como “la dilución de cemento asfáltico en un material hidrocarburo de menor peso específico”<sup>28</sup>. Los requisitos de este material son expresados en las secciones 702.02 y 702.04, de los manuales de especificaciones “FP” y el elaborado por la SIECA, respectivamente.

**Asfalto emulsificado:** Son dispersiones de cemento asfáltico en una fase acuosa, con estabilidad variable. También se definen como “la dilución en agua de un cemento asfáltico, a partir del uso de agentes emulsificantes”<sup>29</sup>. Los requisitos de este material son expresados en la sección 702.03, tanto del manual de especificaciones técnicas “FP”, como el elaborado por la SIECA.

Para obtener más información acerca de estos materiales se puede consultar el capítulo 2 “materiales” del MS – 22 o el MS – 4, ambos del manual series of the Asphalt Institute. A continuación se tratarán con mayor profundidad los materiales mencionados en la clasificación anterior:

## **CEMENTO ASFÁLTICO**

Algunos de los sistemas más utilizados para la clasificación de los cementos asfálticos se basan en su Viscosidad absoluta, penetración y grado de desempeño (SUPERPAVE), como lo menciona la sección 702.01 del manual de la SIECA en su literal b). Algo muy importante a mencionar es que en todo sistema de clasificación se desarrollan ensayos y se establecen parámetros

---

<sup>28</sup> Manual Centroamericano de especificaciones para la construcción de carreteras y puentes regionales elaborado por la SIECA

<sup>29</sup> Sección 702.03 del Manual de especificaciones para la construcción de carreteras y puentes regionales elaborado por la SIECA.

para definir la aceptación, esto se hace con el fin de conocer en alguna manera las características que poseen los materiales; dichos ensayos y parámetros se definen en las especificaciones siguientes:

AASHTO M 20 – 70 (2000) “Grado de penetración del Cemento asfáltico”

AASHTO M 226 – 80 (2000) “Grado de viscosidad del Cemento asfáltico”

AASHTO M 320 – 03 “Grado de desempeño del Aglutinante asfáltico”

TABLAS 702-1, 702-2, 702-3 y 702-4 del manual de especificaciones de la SIECA

Para los estudios técnicos y la construcción hay propiedades físicas del cemento de asfalto, a considerar y estas son las siguientes:

- Durabilidad
- Adhesión y cohesión
- Susceptibilidad a la temperatura
- Envejecimiento y endurecimiento

### Ensayos

Los ensayos que se deben realizar, para la clasificación del cemento asfáltico (por su grado de penetración y viscosidad) y su correspondiente aceptación o rechazo; son los siguientes:

TABLA: 2 – 19

Penetración	Viscosidad	Prueba
AASHTO T 40 -02 ASTM D 140 - 00	AASHTO T 40 -02 ASTM D 140 - 00	Muestreo de materiales bituminosos.
AASHTO T 44 -03 ASTM D 2042 -01	AASHTO T 44 -03 ASTM D 2042 -01	Solubilidad de materiales bituminosos
AASHTO T 48 -04 ASTM D 92 -02	AASHTO T 48 -04 ASTM D 92 -02	Punto de flama por el método de la copa abierta de cleveland
AASHTO T 49 -03 ASTM D 5 -97	AASHTO T 49 -03 ASTM D 5 -97	Penetración de materiales bituminosos
AASHTO T 51 -00 ASTM D 113 -99	AASHTO T 51 -00 ASTM D 113 -99	Ductilidad de materiales bituminosos

AASHTO T 55 -02 ASTM D 95 -99	AASHTO T 55 -02 ASTM D 95 -99	Agua en productos de petróleo y materiales bituminosos por destilación
AASHTO T 179 -04 ASTM D 1754 -97 (2002)	AASHTO T 179 -04 ASTM D 1754 -97 (2002)	Ensayo de película delgada
AASHTO T 201 -03 ASTM D 2170 -01	AASHTO T 201 -03 ASTM D 2170 -01	Viscosidad cinemática de asfaltos
	AASHTO T 202 -03 ASTM D 2171 -01	Viscosidad de asfaltos por viscosímetro capilar vacuum
AASHTO T 227 -02 ASTM D 1298 -99	AASHTO T 227 -02 ASTM D 1298 -99	Gravedad específica por el método del hidrómetro
AASHTO T 228 -04 ASTM D 70 -03	AASHTO T 228 -04 ASTM D 70 -03	Gravedad específica
	AASHTO T 240 -03 ASTM D 2872 -97	Ensayo de película delgada en horno rotatorio

Ensayos opcionales a realizar se mencionan a continuación:

Según SIECA

- Índice de inestabilidad coloidal
- Porcentaje de ceras
- Razón de viscosidades
- Viscosidad cinemática de asfaltos (para sistema de clasificación por penetración)

Según AASHTO

- Spot Test, según la norma AASHTO T 102 – 83(2000)

### **ASFALTOS REBAJADOS (CUTBACK ASPHALT) O ASFALTOS DILUIDOS**

Sus requerimientos, propiedades y métodos de ensayos se mencionan en las siguientes especificaciones:

AASHTO M 81 – 92 (2000) “Asfaltos rebajados (tipo curado rápido)” y

AASHTO M 82 – 75 (2000) “Asfaltos rebajados (tipo curado medio)”.

Los ensayos a realizar, para verificar las características de los asfaltos rebajados son los siguientes:

- AASHTO T 40 o ASTM D 140 - 00, Muestreo de materiales bituminosos,
- AASHTO T 44 o ASTM D 2042 - 01, Solubilidad,
- AASHTO T 49 o ASTM D 5 -97, Penetración,
- AASHTO T 51 o ASTM D 113 -99, Ductilidad,
- AASHTO T 55 o ASTM D 95 -99, Agua en productos de petróleo y materiales bituminosos por destilación,
- AASHTO T 72 o ASTM D 88 -94, Viscosidad Saybolt-furol,
- AASHTO T 78 o ASTM D 402 -94, Destilación,
- AASHTO T 79 , Punto de Flama con aparato de copa abierta para uso con material obteniendo resultados a una temperatura de 93°C o menor,
- AASHTO T 102, Spot test,
- AASHTO T 201 o ASTM D 2170 -01, Viscosidad cinemática y
- AASHTO T 202 o ASTM D 2171 -01, Viscosidad absoluta.

### **ASFALTOS EMULSIFICADOS**

Los requerimientos, propiedades y métodos de ensayos, de las emulsiones asfálticas aniónicas y catiónicas; se mencionan en las siguientes especificaciones:

AASHTO M 140 – 03 o ASTM D 977 – 98 “Asfaltos emulsificados” y

AASHTO M 208 – 01 o ASTM D 2397 – 98 “Emulsión asfáltica catiónica”, respectivamente.

Los ensayos a realizar para la verificación de las características de las emulsiones asfálticas se enuncian en AASHTO T 59 y ASTM D 244, según normas AASHTO M 140, M 208 y ASTM D 977, D 2397 respectivamente; y son los siguientes:

**Ensayo en emulsiones** (ver tabla 1 de ASTM D 977 o D 2397)

- Muestreo de materiales bituminosos,
- Viscosidad Saybolt-furol,
- Ensayo de estabilidad de almacenamiento,
- Demulsibilidad o demulsificación,
- Habilidad de revestimiento y resistencia del agua,
- Ensayo de mezcla cementante,
- Ensayo de tamizado,
- Residuo por destilación,
- Aceite destilado por volumen de emulsión.

**Ensayo en residuos del ensayo de destilación**

- AASTHO T 44 o ASTM D 2042 - 01 Solubilidad,
- AASHTO T 49 -03 o ASTM D 5 -97 Penetración
- AASHTO T 50 -99 (2003) o ASTM D 139 -95, Ensayo de flotación
- AASHTO T 51 -00 o ASTM D 113 -99 Ductilidad

**2.6.1.2 – AGREGADOS**

Se define como cualquier material mineral duro e inerte usado, en forma de partículas graduadas o fragmentos y que forma parte de un pavimento de mezcla asfáltica en caliente. Conocido también como material granular o agregado mineral. La sección 703 del manual de especificaciones “FP” y del manual elaborado por la SIECA, muestran los requerimientos y ensayos necesarios para su aceptación<sup>30</sup>.

---

<sup>30</sup> Si se desea obtener mayor información de este material, se puede consultar el MS – 22 del manual series of the asphalt institute.

TABLA: 2 – 20

Manual de especificaciones elaborado por SIECA y “FP”	Especificación
Sección 703.05	Agregados para sub-base, base y capas superficiales
Sección 703.06	Agregados triturados
Sección 703.07	Agregados para concreto asfáltico en caliente
Sección 703.13	Material de secado
Sección 703.17	Agregados con requerimientos “Superpave” para pavimentos bituminosos

En la tabla 2 - 20, se muestran los diferentes tipos de agregados utilizados en la construcción de un pavimento flexible elaborado con mezcla asfáltica en caliente y las respectivas sub-secciones a que pertenecen, en cada uno de los manuales mencionados.

También las especificaciones dictaminadas por AASHTO y ASTM, proponen estudios para los agregados, aunque la forma de clasificación es diferente, estas especificaciones también son utilizadas en la construcción de pavimentos flexibles. Las especificaciones determinadas para realizar los estudios son las siguientes:

AASHTO M 17 – 95 (2003) o ASTM D 242 – 95 (2000) “Relleno mineral para mezclas de pavimentos bituminosos”,

AASHTO M 29 – 03 o ASTM D 1073 – 94 “Agregados finos para mezclas de pavimentos bituminosos”,

AASHTO M 43 – 88 (2003) o ASTM D 448 – 86 (1993) “Tamaños de agregados para la construcción de caminos y puentes” y

AASHTO M 195 – 00 o ASTM C 330 – 98 “Agregados de peso ligero para concreto estructural”.

## Ensayos

Algunos de los ensayos que se deben realizar, para obtener los resultados que se compararán con los requisitos especificados, utilizados para determinar la aceptación o el rechazo de los agregados, son los siguientes:

Utilizados frecuentemente (Principales):

TABLA: 2 – 21

AASHTO	ASTM	Prueba
T 2 -91 (2000)	D 140 - 00	Muestreo de agregados
T 11 -97 (2002) y T 27 -99	C 117 – 95 y C 136 - 96	Análisis granulométrico
T 89 -02		Determinación de límite líquido de suelos
T 90 -00		Determinación de límite plástico e índice de plasticidad de suelos
T 176 -02	D 2419 – 98	Ensayo de equivalente de arena
T 193 -99 (2003)	D 1883 - 99	Ensayo de CBR
T 248 -02	C 702 – 98	Reducción de muestras de agregados para ensayos





*Fotografía 13: Muestreo de agregados para base estabilizada*

Otros ensayos:

TABLA: 2 – 22

AASHTO	ASTM	Prueba
T 21 -00	C 40 - 98	Impurezas orgánicas en agregados finos p/concreto
T 37 -01	D 546 - 99	Análisis granulométrico de relleno mineral para materiales de pavimentos bituminosos
T 96 -02	C 131 - 01	Abrasión e impacto en la máquina de los ángeles
T 100 - 98	D 854 - 98	Gravedad Especifica
T 104 -99 (2003)		Disgregabilidad de agregados en sulfato de sodio
T 210 -01	D 3744 – 97	Índice de durabilidad de agregados
	D 5821 - 98	Caras fracturadas
T 304		Contenido de vacíos de agregados finos

Ensayos opcionales a realizar:

TABLA: 2 – 23

AASHTO	ASTM	Prueba
T 88 -00		Análisis del tamaño de partículas de suelos
T 194 -97 (2000)		Determinación de material orgánico en suelos por combustión
T 211 -90		Determinación de contenido de cemento en agregados tratados con cemento
T 265 -93(2000)		Determinación en laboratorio del contenido de humedad en suelos

### 2.6.1.3 – CEMENTO

Es un material obtenido de la roca caliza y utilizado como material cementante. Las especificaciones que enuncian los requisitos para este material, se mencionan en la sección 701 “Cemento Hidráulico” de los manuales de especificaciones “FP” y el elaborado por la SIECA. En la sub-sección 701.01, podemos observar los tipos de cementos aceptados y sus respectivas especificaciones<sup>31</sup>. Estos son los siguientes:

TABLA: 2 – 24

Tipo	Especificación
Cemento Pórtland	AASHTO M 85
Cemento hidráulico mezclado	AASHTO M 240

### 2.6.1.4 – AGUA

En cuanto a su empleo en relación al cemento, el agua tiene dos aplicaciones diferentes: Una de ellas es como ingrediente en la elaboración de las mezclas combinándose con el cemento activando las propiedades del mismo y ayudando a su fraguado; y en segunda instancia se emplea como agente de

<sup>31</sup> Tabla 701-1, de la sección 701 “Cemento hidráulico”, Manual de especificaciones elaborado por la SIECA.

curado reduciendo el calor de hidratación producido por el fraguado de las mezclas.

El manual de especificaciones “FP” como el elaborado por la SIECA, en su sección 725.01, especifica diferentes tipos de agua para ciertas aplicaciones en la construcción. Pero únicamente detalla la especificación y norma de ensayo para el primer tipo de agua, que es la utilizada para la mezcla o curado del concreto y del mortero. Estas son las siguientes:

AASHTO M 157 – 97 (2001) “Preparación de mezcla de concreto”

AASHTO T 26 -79 (2000) “Calidad del agua a utilizar en concreto”, respectivamente.

Otra aplicación del agua sin relación con el cemento es la utilización de esta para el control del polvo en la construcción, especificaciones acerca de esta se enuncian en la sección 158 del manual centroamericano elaborado por la SIECA.

Aunque se piense que el agua utilizada para el consumo humano (agua potable), es buena en toda ocasión, se debe tener cuidado, ya que hay ocasiones en que esta asunción no es verdadera; esto se debe a que existen aguas potables con citratos o con pequeñas cantidades de azúcares, que no afectan su potabilidad pero pueden hacerlas inadecuadas para la construcción.

### **2.6.2 – Condiciones de Control de los Materiales.**

Actualmente, el control de la calidad en los materiales consiste básicamente en la obtención de muestras y la realización de las pruebas y ensayos necesarios para verificar las propiedades que poseen. Por lo tanto podemos contemplar el desarrollo de 2 actividades importantes que son: muestreo y ensayo.

El desarrollo de los procedimientos de ensayos se encuentra detallado en cada una de las normas que los rigen, el establecimiento de los formatos de registro de estos ensayos es propuesto por el contratista para cada proyecto específico, sin embargo debería manejarse un formato estándar que pueda ser

implementado a cualquier proyecto (anexos 2 – 2 -a,b y c-) muestra diferentes formatos de algunos ensayos de laboratorio implementados en la actualidad). En cuanto a su frecuencia muchas veces se establece de acuerdo a las condiciones individuales que se presentan en el proyecto. El resultado de las actividades anteriores constituye la base para realizar la actividad final que es la decisión de aceptación o rechazo de los materiales a utilizar.

Una buena práctica que se está llevando a cabo en la actualidad y que se observa en algunos planes de control de la calidad, es el establecimiento y la definición de cuadros explicativos de los materiales que serán utilizados en la obra; en los cuales se mencionan el tipo de control o los ensayos respectivos a realizar, la norma bajo la cual se registrarán, su finalidad, la frecuencia (definición del lote) y su cantidad (tamaño de la muestra).

La efectividad obtenida mediante los procedimientos actuales de control de la calidad de los materiales ha sido aceptable. Más sin embargo, es de observar que existen algunas falencias que pueden superarse.

Se puede observar que algunos (sino la mayoría) de los planes de control, se basan casi exclusivamente en el establecimiento y frecuencia de los aspectos mencionados, en lo que a control de la calidad de los materiales se refiere, olvidando por completo puntos como:

- a) Investigación de la confiabilidad y capacidad de los proveedores,
- b) Determinación de las condiciones mínimas de almacenamiento y acopio,
- c) Aplicación de la aleatoriedad en el muestreo,
- d) Establecimiento de los formatos para la recolección de la información,
- e) Aplicación del control estadístico,
- f) Creación de procedimientos para el archivo de la información.

Recordemos que esta es la parte previa al control de la calidad del proceso y resulta de vital importancia, ya que en esta parte podemos descubrir y evitar problemas que afectarían grandemente la calidad del pavimento.

### **a) Confiabilidad y capacidad de los proveedores**

El conocer la calidad de los materiales que brindan los proveedores es de considerable importancia, ya que nos garantiza un buen desempeño al momento de su utilización. Esto a su vez puede estrechar las relaciones con los mismos, mejorar los niveles de exigencia en cuanto a la calidad recibida y facilitar las decisiones en cuanto al producto que mejor satisface las exigencias o especificaciones.

Un procedimiento sencillo para ejecutar este punto, y que puede dar buenos resultados es el siguiente:

- Muestreo de los materiales antes de su adquisición: esto se puede hacer aplicando los tipos de muestreos mencionados anteriormente, en una fecha determinada sin previo aviso. El realizar la ejecución de este tipo de actividades obliga al proveedor a mantener niveles aceptables de la calidad en sus productos. Es mejor realizarlo antes de su adquisición y no cuando los materiales se encuentran en la obra.
- Ensayo de las muestras: con el fin de determinar los datos resultantes de las propiedades que nos interesan en los materiales, se deben realizar los ensayos correspondientes.
- Análisis de los resultados: utilizar un histograma en este punto, puede orientar de manera rápida, acerca de la calidad de los productos muestreados; respaldando las decisiones en la selección del producto a adquirir.
- Establecer los niveles de calidad: esto se hace con el fin de comprometer a los proveedores, a mantener los niveles de la calidad obtenidos en las muestras.
- Reducir la cantidad de ensayos realizados dentro de la obra, es el objetivo de este pequeño procedimiento, ya que se conoce el nivel de calidad alcanzado por los proveedores y la confianza obtenida de los muestreos previos. Además se aceleraría la aceptación de los materiales para su utilización.

### **b) Condición de almacenamiento y acopio**

Para evitar que los niveles de la calidad en los materiales sean modificados por diversos factores, es necesario establecer condiciones mínimas de almacenamiento y acopio de los mismos. Las especificaciones hacen poca referencia a este punto, limitándose casi especialmente a los agregados, lo que genera un descuido para los demás materiales.

Las condiciones mínimas deben tratar aspectos tales como:

- Forma de almacenamiento
- Equipos y aparatos utilizados para el manejo interno y colocación
- Establecimiento de las condiciones del lugar de almacenaje: iluminación, temperatura, entre otras.
- Formatos de registro y contabilización de materiales
- Condiciones del lugar de acopio

### **c) Aleatoriedad en el muestreo**

Existe una norma de la ASTM, que regula el muestreo aleatorio de los materiales; pero esta es ignorada casi por completo cuando se realiza esta actividad en el desarrollo de los proyectos de construcción de pavimentos. Dicha norma es la ASTM D 3665 “muestreo aleatorio”; en ella se explican diferentes tipos de muestreo y su desarrollo aplicando el método aleatorio, además de la utilización de la tabla de muestreo aleatorio. Al igual que esta norma existen muchas otras relacionadas con el muestreo, que no son muy utilizadas en la construcción de los pavimentos; esto lo hemos observado en el punto 2.4.2.2. y las normas que en dicho punto se han mencionado.

### **d) Formatos para la recolección de la información**

Un aspecto no tan relevante, pero considerado con cierto grado de importancia, es el establecimiento de los formatos que se utilizarán para la anotación de los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de los

materiales recolectados y la información obtenida en el desarrollo de las actividades de muestreo. Estos pueden tomar como base los formatos que se utilizan actualmente, pero al hacerlo, deben ser evaluados tratando de observar si es necesario añadir o eliminar información alguna para facilitar su entendimiento y estudio.

### **e) Control estadístico**

El desarrollo de los conocimientos de la calidad y la aplicación de nuevas teorías de control ha supuesto una serie de formas de realizar el análisis de los resultados obtenidos de los sistemas de la calidad. Uno de ellos es la aplicación de la estadística, como lo hemos mencionado anteriormente, y en el caso de los materiales no es la excepción. Debemos señalar, que para el análisis de las propiedades de los materiales se recomienda realizar el control estadístico de los resultados de los ensayos, a fin de comprobar su cumplimiento de acuerdo a especificaciones. Esto es algo que en la actualidad frecuentemente no se realiza o se realiza con poca experiencia y a veces sin bases científicas.

En algunos casos en los materiales lo que nos interesa es conocer su variabilidad puntual (este es el caso de los muestreos de aceptación o rechazo y los utilizados para el establecimientos de niveles de la calidad), y no el comportamiento de esta con respecto al tiempo. Razón por la cual es más conveniente utilizar histogramas para representar los datos obtenidos de los ensayos, realizados a la muestras.

En cambio si los ensayos que se realizan, pretenden conocer la variación de las propiedades de los materiales con respecto al tiempo, se deben utilizar las cartas o diagramas de control ya sea con variables o con atributos; y se deben tomar datos cada cierto tiempo para lograr mayor representatividad.

### **f) Procedimientos para el archivo de la información**

Como lo hemos mencionado anteriormente, el archivo de la información es una parte muy importante, ya que refleja el historial de comportamiento en el desarrollo de la construcción de una obra. Esto puede servir de mucha ayuda, en el futuro ya que puede brindar información acerca de sucesos ocurridos en el proyecto, así como respaldar decisiones basadas en datos obtenidos con anterioridad y crear nuevas hipótesis.

En la actualidad existen diferentes formatos para la presentación de la información, entre los que podemos mencionar: impresos, digitales, diagramas, entre otros. Razón por la que se deben ordenar y archivar según su presentación. Esto facilitaría la búsqueda de la información necesaria.

Algo muy interesante e importante a mencionar, es el hecho que actualmente se realiza cuanta prueba exista a los materiales, pero debemos hacernos las siguientes preguntas ¿Es necesario obtener gran cantidad de datos? ¿Cuál es la finalidad de los datos obtenidos? y ¿Son verdaderamente importantes los datos obtenidos?; dicho en otras palabras, no es necesario estar realizando la totalidad de las pruebas a los materiales una vez estos han sido aceptados; a partir de este momento solamente sería necesario realizar ciertas pruebas para comprobar las propiedades más importantes bajo las cuales trabajarán los materiales una vez incorporados en la estructura del pavimento, o aquellas que pueden afectar en gran manera la calidad del producto terminado, como lo son:

- En el caso de los agregados: la resistencia al desgaste, gradación (para comprobar su homogeneidad) y durabilidad.
- En el caso de los materiales bituminosos: Ductilidad, efecto del calor y el aire, resistencia al flujo plástico y deformación.
- En el caso del cemento hidráulico: la resistencia a la compresión y almacenamiento.
- En el caso del agua: su pureza.



De lo contrario si necesitáramos el análisis de las propiedades finales o el trabajo que desempeñarán como parte de una estructura compuesta; es mejor hacer el análisis por cada una de las capas.

Finalmente podemos decir, que no debemos restar importancia a los análisis actuales y la manera en que se ha venido ejecutando el control de la calidad en los materiales hasta este momento, ya que se observa un buen desarrollo de los métodos implementados, aportando de igual manera muy buenos resultados. Pero igualmente deben evaluarse los métodos y procedimientos de control implementados, para tratar de eliminar falencias o errores en dichos sistemas e implementar nuevas ideas relacionadas con la calidad, convirtiendo esto en un círculo de retroalimentación que tiene como objetivo el mejoramiento constante de los sistemas de la calidad.

### ***2.6.3 – Factores que Afectan a los Materiales.***

Los materiales siguen un flujo determinado en su utilización, que es influido por los proveedores y el contratista, principalmente. Dicho flujo se trató en forma breve en el apartado 2.6.1 del presente capítulo; el final de este es el establecimiento de los materiales en el sitio de la obra, donde serán utilizados para la construcción.

En este último momento es importante determinar los factores que afectan a los materiales, este análisis puede tener dos finalidades, las cuales son:

1. Puede ayudarnos a determinar y minimizar la variación en los mismos, minimizando al mismo tiempo la variación en los resultados del proceso.
2. Se puede utilizar en el análisis y estudio de las no-conformidades o problemas relacionados con la calidad de los materiales, la correspondiente determinación de su causa y su eliminación o tratamiento.

Una manera de conocer la variabilidad principal que afecta a los materiales utilizados en la construcción de un pavimento, es aplicando un Diagrama de

causa y efecto. Desarrollando el procedimiento por el método de estratificación, obtenemos el diagrama que muestra las posibles causas de los problemas que se pueden presentar en los materiales utilizados para el desarrollo de la construcción de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente (ver fig. 2 – 23). En base a este diagrama se pueden apoyar planes de muestreo, técnicas de mejoramiento o implementación de nuevas forma de control, orientados a resolver problemas o mejorar la calidad de los materiales que intervienen en la construcción de un pavimento.

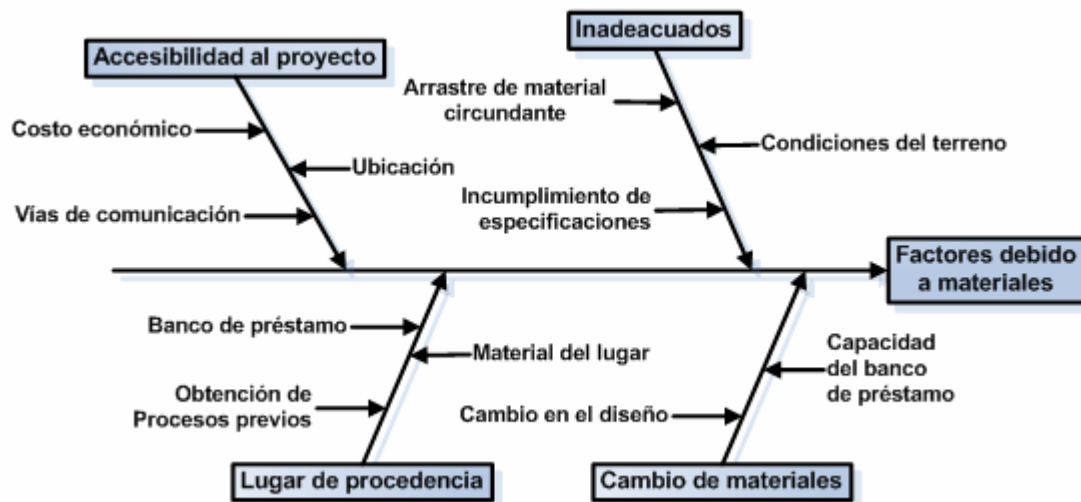


Figura 2 - 23

Se muestra el diagrama de causa y efecto de los factores que afectan a los materiales y que pueden trascender en la calidad final del pavimento

## **2.7 – CONTROL DE LA CALIDAD DEL METODO DE CONSTRUCCION**

El método utilizado para realizar la construcción de una obra civil es muy importante ya que este define las actividades a ejecutar para realizar la construcción y además las variables a controlar en el mismo, razón por la cual debe conocerse a fondo.

El contratista además de identificar y planear los procedimientos, debe asegurar que estos se llevarán a cabo bajo condiciones controladas; algunos requisitos que deben cumplirse en este punto son los siguientes:

- a) Establecer procedimientos documentados que definan la forma de producción, construcción e instalación.
- b) Definir y utilizar equipo apropiado de construcción, para realizar los procedimientos propuestos, además de poseer conocimiento pleno del mismo.
- c) Contratar y recurrir a personal responsable, con un alto conocimiento de los procesos y procedimientos y que posea suficiente experiencia.
- d) Cumplir con normas, especificaciones o códigos establecidos para el desarrollo de los procedimientos establecidos.
- e) Desarrollar el monitoreo y control de parámetros apropiados del proceso y características del producto.

Cuando los resultados de los procesos no puedan ser completamente verificados mediante inspección y prueba sucesiva del producto y donde los errores en el pavimento, solamente puedan ser aparentes después de su utilización; las actividades deben ser realizadas por operadores calificados y/o mediante monitoreo y control continuo de los parámetros, para asegurar que se cumplan los requisitos.

### **2.7.1 – Composición del Método o Procedimiento.**

Conocer la manera como está compuesto un procedimiento es un aspecto muy importante, debido a que esto nos ayudara en el entendimiento de su desarrollo. Para seguir con este punto se presentan una serie de definiciones, a continuación:

**Tarea:** Cualquier trabajo que debe realizarse en un determinado tiempo, Se dice que es la unidad más pequeña de un proceso (Figura 2 – 24).

**Actividad:** Son acciones que se deben llevar a cabo, por medio de la realización de tareas designadas. En otras palabras podemos mencionar que una actividad es un conjunto de tareas (Figura 2 – 24).

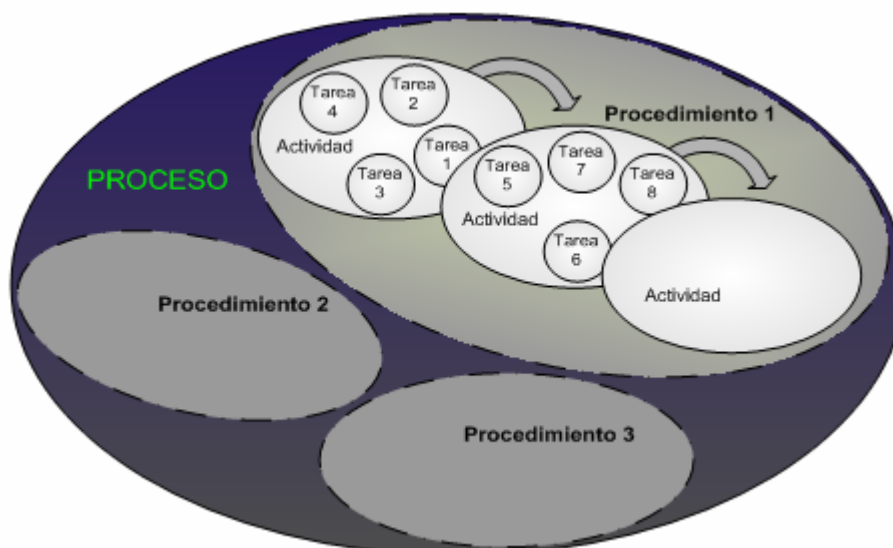
**Procedimiento:** establece la forma de ejecutar las actividades de los procesos en la construcción, tratando de prever la calidad del producto de estos procesos. Así Podemos expresar que un procedimiento es un conjunto de actividades ejecutadas en un orden determinado. También podemos decir que es una “forma específica de llevar a cabo una actividad o un proceso”<sup>32</sup> (Figura 2 – 24).

**Método:** Es un procedimiento establecido para alcanzar un determinado resultado.

En última instancia, de acuerdo a la definición de **Proceso** expresada en el punto 2.1.5, del presente capítulo, nos permitimos señalar que un proceso es un conjunto de procedimientos o actividades ejecutadas en un orden específico; establecidos para lograr la realización de un producto, ya sea este, un bien o un servicio.

---

<sup>32</sup> Definición de procedimiento obtenida de la Norma ISO 9000:2000



*Figura 2 - 24*

*Estructura de un proceso de acuerdo a las unidades que lo componen.*

Otra manera por la cual un procedimiento se encuentra muy relacionado con el proceso es mediante la eficiencia y eficacia del proceso; ya que estas dependen de la correcta aplicación del procedimiento, logrando de esta manera los resultados deseados.

### **2.7.2 – Procedimientos para la Construcción.**

De acuerdo a lo mencionado anteriormente podemos observar que un método o procedimiento, es una parte fundamental para el desarrollo de cualquier proceso.

Debido a la importancia del conocimiento del método, se muestran a continuación las actividades que componen los procedimientos por medio de los cuales se logra la construcción de un pavimento flexible elaborado con mezcla asfáltica en caliente.

Se puede decir, a grandes rasgos que las partes principales que componen el proceso constructivo a seguir para producir la estructura básica de un

pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente, después de mejorar o construir el terreno soportante, son las siguientes:

1. Construcción de la sub-base del pavimento.
2. Construcción de la base del pavimento.
3. Construcción de la carpeta de rodadura.

El proceso mencionado anteriormente forma la estructura principal o macro actividades que se desarrollan en el proceso constructivo.

La **construcción de la sub-base** consiste principalmente en el suministro, transporte y colocación de los materiales que constituyen dicha parte del pavimento, y que se encuentra colocada sobre la superficie sub-rasante definida en los diseños, además de su conformación y compactación.

El procedimiento de **construcción de una base** consiste primordialmente en el desarrollo y ejecución de las actividades de colocación, conformación y compactación, sobre la sub-base, de una capa de material que posee ciertas características y ayuda a distribuir las cargas al terreno soportante.

Antes de la colocación de la carpeta de rodadura sobre la capa base, se coloca una capa delgada (película de imprimación) en su superficie. Un **riego de imprimación** es una aplicación de asfalto de baja viscosidad sobre una base que se prepara para la colocación de una carpeta asfáltica; su construcción consiste en el suministro, transporte, calentamiento y aplicación uniforme del material asfáltico.

La **carpeta de rodamiento**, comprende la construcción de una capa de concreto asfáltico en caliente de gradación densa que posee un espesor determinado, dicho concreto asfáltico será extendido en una o varias capas que tendrán la composición establecida por especificaciones y las dimensiones indicadas en los diseños.

Debido a que el procedimiento de construcción de las capas granulares y de las capas estabilizadas con cemento hidráulico es similar, realizaremos el estudio

de los procedimientos de construcción guiándonos por la división dispuesta en el punto 2.6.1 del presente capítulo, de la siguiente manera:

- a) Sub-base o Base granular
- b) Sub-base o Base estabilizada con cemento
- c) Base tratada con asfalto
- d) Riego de imprimación
- e) Carpeta de rodadura

#### **2.7.2.1 – Sub-base o Base granular**

El manual de especificaciones “FP” y el manual de especificaciones elaborado por la SIECA, mencionan la construcción este tipo de capa de agregados, en su sección 301. El manual elaborado por SIECA la describe como la construcción “sobre una fundación ya preparada, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el trazado, rasante, espesor y secciones transversales típicas indicadas en los planos o establecidos por el contratante”.

#### **Procedimiento de Construcción de una capa granular**

La construcción de una capa granular comprende las siguientes operaciones repetidas cuantas veces sea necesario:

- a) Aceptación de las superficies anteriores
- b) Conformación de la topografía
- c) Humedecimiento de la superficie
- d) Colocación de los agregados
- e) Extensión del material colocado
- f) Humedecimiento del material extendido
- g) Conformación del material
- h) Compactación
- i) Afinado de la superficie
- j) Acabado de la superficie de la capa granular
- k) Aceptación de la capa construida.

Hay que tener en cuenta que existen ciertos parámetros o tolerancias geométricas acerca de la superficie; que se deben cumplir en el momento de la construcción de la capa granular, estas se enuncian en la sub-sección 301.06, tanto del manual de especificaciones “FP” como el Manual centroamericano elaborado por la SIECA.

#### **2.7.2.2 – Sub-base o Base estabilizada con cemento**

Algunos de los requisitos básicos para la construcción de capas de agregados estabilizados y la descripción del desarrollo de las actividades de construcción se detallan en la sección 302, tanto del manual de especificaciones elaborado por la SIECA, como el manual de especificaciones “FP”. Ambas describen el trabajo como “la construcción de una o más capas de agregados mezclados con cemento... y con agua para su estabilización”.

#### **Procedimiento de construcción de una capa estabilizada.**

A continuación se enumeran las principales actividades que se realizan para la construcción de una capa de agregados estabilizada con cemento:

- a) Aceptación de las superficies anteriores
- b) Conformación de la topografía
- c) Humedecimiento de la superficie
- d) Transporte y colocación de los agregados
- e) Extensión de los agregados
- f) Humedecimiento del material compactado
- g) Colocación del cemento
- h) Mezclado del cemento con el material compactado
- i) Humedecimiento de la mezcla
- j) Conformación de la mezcla
- k) Compactación
- l) Afinado de la superficie
- m) Acabado de la superficie de la capa estabilizada (sellado de los poros)



- n) Juntas de construcción
- o) Aceptación de la capa construida
- p) Curado de la capa de agregados estabilizados.

Es de puntualizar que el número de actividades mencionadas en el manual de especificaciones elaborado por la SIECA, para la construcción de los tipos de capa mencionados anteriormente (granular y estabilizada), es menor que los mencionados anteriormente; sin embargo, se ha detallando un poco más el desarrollo de estos procedimientos, para tratar de observar posibles puntos críticos y agentes de variabilidad en estos procedimientos.

### **2.7.2.3 – Base tratada con asfalto**

Algunos de los requisitos básicos para la construcción de una base tratada con asfalto y la descripción del desarrollo de las actividades de construcción se detallan en la sección 309, tanto del manual de especificaciones elaborado por la SIECA, como el manual de especificaciones “FP”. El manual elaborado por SIECA la describe como la construcción “de una o más capas de base tratada con emulsión asfáltica, sobre una superficie previamente preparada y procesada de acuerdo con estas especificaciones, ajustándose al alineamiento, pendientes, espesores y secciones transversales típicas mostradas en los planos”.

#### **Procedimiento de construcción para base tratada con asfalto.**

Base negra o estabilizada con emulsiones asfálticas, su construcción consiste principalmente de las siguientes actividades:

- a) Aceptación de las superficies anteriores
- b) Conformación de la topografía
- c) Humedecimiento de la superficie
- d) Colocación de la mezcla emulsión-agregado
- e) Conformación de la mezcla
- f) Compactación

- g) Aceptación de la capa construida.

#### **2.7.2.4 – Riego de imprimación**

Algunos de los requisitos básicos para la construcción de un riego de imprimación y la descripción del desarrollo de las actividades de construcción se detallan en la sección 411, tanto del manual de especificaciones elaborado por la SIECA, como el manual de especificaciones “FP”. Se describe la aplicación de un riego de imprimación como “la distribución de una película de asfalto rebajado o emulsión asfáltica, que se aplica previo a la colocación de una capa asfáltica sobre una capa granular o una capa de agregado estabilizado con algún material no asfáltico”<sup>33</sup>.

#### **Procedimiento de imprimación de una superficie**

La construcción del riego de imprimación comprende la realización de las siguientes actividades:

- a) Limpieza de la superficie a imprimir,
- b) Esparcimiento del material asfáltico (ya sea asfalto rebajado o emulsión asfáltica) y
- c) Colocación de material de secado.

#### **2.7.2.5 – Carpeta de mezcla asfáltica en caliente.**

Algunos de los requisitos básicos para la construcción de una carpeta de mezcla asfáltica en caliente y la descripción del desarrollo de las actividades de construcción se detallan en la sección 401, en el manual de especificaciones elaborado por la SIECA. Sin embargo el manual de especificaciones “FP” enuncia tres secciones de referencia para la construcción de carpetas de mezcla asfáltica en caliente, estas son: Sección 401 “Pavimento de concreto asfáltico en caliente Superpave”

Sección 402 “Pavimento de concreto asfáltico en caliente por el método de diseño de mezcla Marshall”

---

<sup>33</sup> Definición obtenida de los manuales de especificaciones “FP” y Centroamericano.

### Sección 403 “Pavimento de concreto asfáltico en caliente”

Las dos primeras se refieren al método utilizado para el diseño de la mezcla de concreto asfáltico en caliente. En cuanto a la tercer sección citada, toma en cuenta el método con el cual se diseñó la mezcla, ya sea superpave o marshall. El manual elaborado por SIECA describe la carpeta de mezcla asfáltica en caliente como la construcción “de una o más capas de concreto asfáltico para un pavimento”. También expresa que se debe usar concreto asfáltico compuesto de piedra o grava triturada, y ligante asfáltico, mezclados en una planta aprobada para la producción de mezcla procesada en caliente.

#### **Procedimiento de construcción de la capa de rodamiento.**

La construcción de la capa de rodamiento consiste en la realización de las siguientes actividades:

- a) Producción del concreto asfáltico: de acuerdo al capítulo 4 “Operaciones de planta” del MS-22 y el capítulo 5 “Producción de mezclas asfálticas en caliente” del MS-4 ambos del Manual series of the Asphalt Institute (punto que no se abordará en el presente estudio)
- b) Preparación de la superficie
- c) Transporte de la mezcla de concreto asfáltico
- d) Alineamiento de la pavimentadora
- e) Descarga de la mezcla de concreto asfáltico
- f) Colocación y extensión de la mezcla
- g) Compactación.
- h) Construcción de juntas.
- i) Aceptación de la capa construida

Todas y cada una de las operaciones descritas anteriormente deben repetirse cuantas veces sean necesarias, hasta cumplir con los espesores y las longitudes especificadas en el diseño del pavimento y expresadas en los planos. Esto es así por que las capas que componen a los pavimentos son,

generalmente, de espesores muy grandes y no es recomendable colocarlas de una sola vez.

En el caso de la construcción de las capas de sub-base y base, ya sea granular o estabilizadas, se puede comprimir las actividades de mezclado y humedecimiento del material en un solo paso, al utilizar mezcladoras que inyecten el agua al material en el momento de su revoltura. Realizar esta actividad, mejoraría la homogeneidad de la humedad en el material o mezcla, aceleraría las actividades acortando el tiempo para realizar una revoltura homogénea del agua y evitaría la presencia de polvo excesivo; además colocando un dispositivo contabilizador, se puede controlar de mejor manera la cantidad de agua incluida en el material o mezcla.

### **2.7.3 – Forma de Control Previo al Procedimiento de Construcción.**

Previo a los procedimientos de construcción existe una forma de control denominada “**Reunión de pre-construcción**”. La reunión de pre-construcción no forma parte del procedimiento de construcción establecido para la estructura del pavimento, pero sin embargo, es un aspecto de control muy importante que se debe aplicar antes del inicio del desarrollo de los procedimientos o inicio de los procesos.

**Las reuniones de pre-construcción**, se pueden definir como: las reuniones que se llevan a cabo, antes del inicio del desarrollo de los procedimientos de construcción, con el objetivo de discutir la totalidad de los aspectos tanto constructivos como de control de la calidad, que serán aplicados durante el desarrollo de dichos procedimientos, y en caso de ser necesarios efectuar mejoras en estos.

El personal que debe estar involucrado durante el desarrollo de una reunión de pre-construcción es el siguiente:

- El contratante o su representante.

- Representante de la supervisión.
- Por parte del contratista:
  - El ingeniero de control de la calidad,
  - El superintendente del proyecto,
  - El o los ingenieros residentes del proyecto,

Durante las reuniones de pre-construcción, cada uno de los asistentes desarrolla tareas especiales. Entre las que podemos mencionar:

- Ingeniero de control de la calidad: es el responsable de mostrar el lineamiento general (o plan de trabajo) y los lineamientos del control de la calidad que serán aplicados durante el desarrollo de las actividades de construcción, en base a los procedimientos utilizados para el desarrollo de las actividades. Además, debe presentar un listado del personal designado para desarrollar las actividades de control de la calidad en el proyecto, por parte del contratista.
- Superintendente del proyecto: debe presentar el plan de progreso del trabajo, para ser discutido con todos los asistentes a la reunión. También, debe proporcionar el listado del personal del contratista asignado al proyecto y designado para conducir el desarrollo de las actividades de construcción, así como el cargo de cada uno.
- Ingeniero(s) residente(s): deben exponer (presentar y explicar) los procedimientos a utilizar, para realizar la construcción del pavimento flexible.
- Ingeniero de Supervisión: debe definir y establecer de forma clara y precisa, su autoridad y responsabilidad en cada una de las actividades a ser cubiertas durante el desarrollo del trabajo. También, tiene el compromiso de hacer las observaciones y recomendaciones necesarias al plan de trabajo y control de la calidad expuestos por los representantes del contratista. Así mismo, debe presentar un listado del personal de supervisión asignado al proyecto y su cargo.

➤ El contratante o su representante, es el responsable de hacer las observaciones correspondientes al plan de trabajo y de control de la calidad expuestos por los representantes del contratista, en base a los lineamientos presentados y la información proporcionada en los documentos contractuales y brindar recomendaciones para su mejora. Además, un listado del personal del contratante, asignado al proyecto de construcción, debe ser proporcionado al personal del contratista.

Debemos tener presente, que todos los involucrados en las reuniones de pre-construcción, son responsables de discutir aspectos inusuales del trabajo o prácticas de construcción que no son habituales.

Los aspectos a tratar durante las reuniones de pre-construcción, son:

1. Descripción de los procedimientos constructivos a utilizar, así también, el tipo de maquinaria y equipo, la cantidad de personal y la coordinación que se implementara durante su desarrollo.
2. Descripción y especificaciones que rigen los materiales a utilizar.
3. Formas de control de la calidad que serán aplicadas durante el desarrollo de los procedimientos, tales como: métodos de muestreo y ensayo propuestos, su frecuencia y las normas que los rigen, tipos de control de la maquinaria y evaluación de la coordinación con el personal, alternativas de prevención para disminuir el impacto de los efectos climáticos.
4. Un punto que se debe abordar en toda reunión de pre-construcción, es el aspecto de la seguridad del personal, que será implementada durante el desarrollo de las actividades; este aspecto es responsabilidad del ingeniero de control de la calidad, ya que la seguridad del personal es parte del control de la calidad en el desarrollo de las actividades.

### **2.7.4 – Forma de Control en el Procedimiento de Construcción.**

La forma de controlar los procedimientos de construcción en un pavimento flexible actualmente comprende, en mayor o menor medida, el desarrollo de las actividades siguientes:

- a) Construcción de tramos de prueba
- b) Toma de muestras y realización de ensayos
- c) Inspección de las actividades realizadas
- d) Medición y registro de condiciones.

#### **a) Construcción de tramos de prueba**

Los tramos de prueba consisten en la construcción de un tramo de la carretera conforme a sus respectivas secciones y de longitud determinada; además, dicha actividad se debe realizar para cada una de las capas que conforman el pavimento. En su desarrollo se implementan los procedimientos y actividades propuestas para la construcción del pavimento y su control de la calidad. En esta actividad, también se establecen parámetros como son:

El número de pasadas del compactador para alcanzar el porcentaje de compactación especificado.

Determinación del momento para la realización de algunos muestreos y ensayos.

Verificación de la capacidad de trabajo que posee la empresa, entre otras.

Pero además, existen diversas variables que se deben observar y controlar al momento de su realización. Algunas de ellas son:

- a. Velocidad del pavimentador.
- b. Espesor óptimo de la capa a compactar, en base al tipo de maquinaria utilizada a la forma de pavimentación y al método de compactación, para lograr el nivel de densidad requerido.
- c. Tipo y forma (procedimiento) de compactación.

La construcción del tramo de prueba se debe realizar en un tiempo anticipado, antes que inicien las actividades de construcción de cada una de las capas de la estructura del pavimento (se recomienda como mínimo una semana de anticipación); para observar como se llevarán a cabo las actividades al momento de la construcción y de esta manera hacer las recomendaciones necesarias, para su mejoramiento.

Se puede observar una especificación relacionada con la construcción del tramo de prueba, esta es la sub-sección 401.12 del manual centroamericano, en ella se establecen ciertos parámetros y requisitos para su construcción. Pero esta, solamente es aplicable para la construcción de un tramo de prueba para la carpeta asfáltica; y para los demás elementos no existe especificación que regule la construcción de sus respectivos tramos de prueba; esta es una deficiencia muy grave, ya que es de gran importancia el desarrollo de los tramos de prueba para cada uno de los demás elementos de la estructura del pavimento.

Un aspecto que requiere mucha atención es el siguiente: generalmente el desarrollo de esta actividad se realiza en parte de la longitud del pavimento. Practica que no es muy recomendable, por que como su nombre lo dice, es un tramo de **prueba** y sus resultados pueden no ser conformes con las especificaciones, al igual que los procedimientos utilizados, por que en esta etapa todavía se realizan ajustes que pueden afectar la calidad del pavimento. En este caso se recomienda que esta actividad se desarrolle en una calle adjunta o calle de alimentación al proyecto, que guarde iguales condiciones que el sitio donde se construirá la carretera, ya que si se realiza en un lugar lejano, habrá una diferencia de condiciones de campo que pueden afectar en detrimento la calidad del pavimento.



**b) Toma de muestras y realización de ensayos**

Realizar la toma de muestras y ejecutar ensayos de en-proceso, es la actividad básica de control en el desarrollo de los procedimientos de construcción. Estas tareas se realizan con la finalidad de comprobar la calidad de los trabajos realizados.

El muestreo, este debe ejecutarse en base a las normas mencionadas en el punto 2.6 del presente capítulo, que es control de la calidad de los materiales. En cuanto a los ensayos, estos se enuncian a continuación:

Antes de la realización de los procedimientos de construcción de las capas de sub-base y base se realiza el muestreo y ensayo de:

**La relación Humedad-densidad** (óptima), conforme AASHTO T 99, T 180 ó AASHTO T 134 (para mezclas de suelo cemento) ó ASTM D 1557; esto con el objetivo de determinar las condiciones de humedad y densidad que se deben procurar en el campo (Ver anexo 2 – 2a).

**Ensayo de CBR:** según AASHTO T 193 ó ASTM D 1883, acatando lo definido en las especificaciones del proyecto.

Durante el desarrollo de los procedimientos de cada una de las capas inferiores de la estructura (sub-bases y bases) se realizan los ensayos de:

**Granulometría:** según AASHTO T 11 y T 27 ó ASTM C 117 y C 40, de acuerdo como lo definan las especificaciones del proyecto (Ver anexo 2 – 2b).

**Límite líquido:** conforme a AASHTO T 89 (Ver anexo 2 – 2c).

**Densidad de campo:** método de cono y arena según AASHTO T 191 ó mediante la norma ASTM D 1556 (como se establezca en las especificaciones del proyecto).

**Humedad en campo:** Por medio del “Speedy tester” o por el ensayo enunciado en la norma AASHTO T 217.

**Densidad y contenido de humedad en campo por métodos nucleares:** método de densímetro nuclear según AASHTO T 310 o por medio de la norma ASTM D 2950.

En el caso de la carpeta de concreto asfáltico, previo a su construcción se realizan las siguientes pruebas:

**Requerimientos para plantas de mezclado,** según AASHTO M 156 ó ASTM D 995, dependiendo de las especificaciones del proyecto.

**Densidad teórica máxima,** según AASHTO T 209 ó ASTM D 2041.

Pero durante el desarrollo de las actividades para su construcción, se realiza el muestreo para la ejecución de los ensayos de:

**Humedad en mezclas de concreto asfáltico en caliente,** ya sea AASHTO T 110 ó ASTM D 1461 según lo indiquen las especificaciones del proyecto.

**Contenido de asfalto,** según AASHTO T 164, ASTM D 2172 ó mediante cualquier otro método aprobado o mencionado en las especificaciones del proyecto.

**Porcentaje de vacíos de aire y llenos de asfalto:** según AASHTO PP 28 (mezclas diseñadas por método superpave)

**Granulometría,** según AASHTO T 30.

Los ensayos mencionados anteriormente son los especificados tanto en el manual centroamericano elaborado por la SIECA, como el manual de especificaciones "FP". Así mismo se pueden encontrar recomendaciones acerca de la frecuencia en el muestreo para su realización (tamaño del lote) o de los lugares (puntos) de muestreo donde es más conveniente realizar dicha actividad; todas estas recomendaciones se muestran en las tablas mencionadas a continuación:

TABLA: 2 – 25

Manual Centroamericano	Manual de especificaciones “FP”	Tipo de Capa
Tabla 301 - 1	Tabla 301 - 1	Granular
Tabla 302 - 3	Tabla 302 - 3	Estabilizada con cemento
Tabla 309 - 1	Tabla 309 - 1	Tratada con asfalto
Tabla 401 - 7	Tabla 401 - 4 (Superpave)	Mezcla de Concreto asfáltico en caliente
	Tabla 402 - 3 (Marshall)	
	Tabla 403 - 1	

Sin embargo, existen ciertas falencias que pueden ser modificadas para mejorar el sistema de la calidad en este punto. Tal es el caso de eliminar ciertos ensayos que redundan en el conocimiento de propiedades estudiadas anteriormente, entre los que podemos mencionar:

La gradación o granulometría que son propiedades las cuales son estudiadas y ensayadas durante el estudio de los materiales. De igual manera el límite líquido, para las capas de base y sub-base.

A la vez implementar nuevos ensayos, que pueden beneficiar en cierta manera a la calidad del pavimento. Tal es el caso de la determinación de la **Densidad de campo en pavimentos de concreto asfáltico en caliente**, según AASHTO TP 68.

Antes de finalizar este punto debemos mencionar algo muy importante, como lo es el chequeo de la geometría que se debe realizar al terminar la construcción de cada una de las capas de la estructura, verificando aspectos importantes como: pendiente transversal (bombeo), ancho de la carretera y espesores alcanzados; que forman la sección de la carretera. No deben dejarse fuera aspectos como el alineamiento longitudinal y transversal, la pendiente longitudinal y sus respectivas tolerancias, necesarios para el cumplimiento de

las especificaciones geométricas del proyecto o especificaciones generales como se mencionó anteriormente, y que se encuentran expresadas en la sección 309 del manual centroamericano y las “FP”.

### **c) Inspección de las actividades realizadas**

La inspección es la actividad mediante la cual se observan y evalúan todos y cada uno de los aspectos que intervienen durante la construcción de un pavimento asfáltico. La inspección es realizada generalmente por personas capaces y con alto conocimiento, tanto de los procesos y procedimientos como de los ensayos que se realizan.

La inspección visual es la que se implementa mayormente en el área de la construcción, aunque puede haber otros tipos de inspección como: la auditiva, táctil y olfativa.

Los aspectos que son sujetos de inspección cuando se realiza la construcción de la estructura principal de un pavimento asfáltico son los siguientes:

Para la construcción de las capas de sub-base y base, se inspeccionan:

- Las condiciones de la superficie donde se colocará dicha capa.
- Que los materiales sean acordes con los propuestos en el diseño y además que su mezcla sea lo más homogénea posible (en caso que estos se mezclen).
- La realización de las actividades propuestas en los procedimientos y el cumplimiento de su duración de acuerdo al tiempo propuesto.
- La ejecución del muestreo para la realización de los ensayos propuestos.
- La ejecución de actividades o elementos que eviten el deterioro del tramo del pavimento construido, por ejemplo: la fabricación de juntas de construcción, el curado de las superficies, entre otros.

- La utilización de la maquinaria propuesta para el desarrollo de las actividades, además de su estado, capacidad y manejo adecuado.
- Las condiciones climáticas que se presenten antes, durante y después del momento de la realización de las actividades de construcción.
- Observar los accidentes que puedan ocurrir o que ocurran en el desarrollo de las actividades.
- Observar la regularidad superficial de la capa terminada y las posibles deflexiones que pueda poseer.

Durante la construcción del riego de imprimación, se inspeccionan:

- Las condiciones de la superficie donde se colocará el riego de imprimación.
- La realización de las actividades propuestas en los procedimientos.
- El cubrimiento de la totalidad de la superficie con el asfalto utilizado.
- La utilización y el cubrimiento de la superficie imprimada, con material de secado para evitar el deterioro del riego (cuando así se disponga en las especificaciones).
- La utilización de la maquinaria propuesta para el desarrollo de las actividades, además de su estado, capacidad y manejo adecuado.
- Las condiciones climáticas que se presenten antes, durante y después del momento de la realización del riego de imprimación.

Durante la construcción de la capa de concreto asfáltico, se inspeccionan:

- Las condiciones de la superficie donde se colocará dicha capa.
- Las condiciones de la mezcla como su temperatura (durante toda la operación de construcción) y su espesor.
- La realización de las actividades propuestas en los procedimientos y el cumplimiento de su duración de acuerdo al tiempo propuesto.

- La ejecución del muestreo para la realización de los ensayos propuestos.
- La ejecución de actividades o elementos que eviten el deterioro del tramo del pavimento construido, por ejemplo: la fabricación de juntas de construcción, entre otros.
- Utilización de la maquinaria propuesta para el desarrollo de las actividades, además de su estado, capacidad y manejo adecuado.
- Las condiciones climáticas que se presenten antes, durante y después del momento de la realización de las actividades de construcción.
- Observar los accidentes que puedan ocurrir o que ocurran en el desarrollo de las actividades.

Al finalizar la construcción de cualquier capa, se realiza un recorrido a lo largo de los trayectos construidos, para tratar de observar cualquier clase de desperfecto o error evidente, que pueda ser resultado de los trabajos realizados; como pueden ser: segregación, fisuras, corrimientos, etc.

#### **d) Medición y registro de condiciones**

Como se menciona, esta actividad consiste en medir y registrar por escrito condiciones que se den en el desarrollo de las actividades de construcción y que influyen grandemente en la calidad del pavimento. Tal es el caso del tiempo de comienzo de una actividad, retraso en la llegada de los materiales a la obra, averías de la maquinaria al momento de su utilización, entre otros.

Aunque a simple vista, se piense que no se puede mejorar el desarrollo de las actividades de control de la calidad aplicadas a la ejecución de los procedimientos de construcción; estos no es del todo cierto, ya que la necesidad por conocer todos y cada uno de los elementos que intervienen en la calidad del pavimento, hace que se desarrollen técnicas para mejorar su calidad. Tal es el caso de la implementación de hojas de control, en el

desarrollo de los procedimientos, que pueden ayudar a localizar las causas cuando se presenten no-conformidades. Dichas hojas pueden contener datos importantes como:

- Tramo de la carretera en construcción (estacionamiento inicial y final).
- Capa de la estructura que se esta realizando.
- Maquinaria que se esta utilizando para la construcción (relacionado con su designación tratada en el punto 2.5.1.
- Número de pasadas de las compactadoras.
- Personal que maneja la maquinaria.
- Dosificación que se esta utilizando en la mezcla (si fuere el caso).
- Hora del día en que se están ejecutando las actividades de construcción.
- Hora en que iniciaron y finalizaron determinadas actividades.
- Numero de bolsas colocadas (en caso de capas estabilizadas)
- Cantidad de agua colocada
- Resultados de algunos ensayos importantes tales como. Porcentaje de compactación, densidades de campo, humedad óptima
- Los nombres de los supervisores que garantizaron los datos que posee dicha carta de control (del contratista y de supervisión).

Aunque se contemplase que las actividades utilizadas para controlar los procedimientos de construcción no presentan falla alguna, la realidad presenta que la veracidad de lo mencionado anteriormente no es totalmente cierta. Ya que si bien se controla en base a los resultados de los ensayos realizados como aceptación o rechazo; no se realiza un control estadístico de estos, desperdiciando los datos obtenidos y su utilización en el aprendizaje de los mismos para futuros proyectos.

Con respecto al control estadístico de los datos obtenidos de los procedimientos, podemos dividir su estudio (al igual que su agrupación) en dos conjuntos:

- a. Los obtenidos antes del desarrollo de los procesos (pre-procesos)
- b. Los obtenidos durante el desarrollo de los procesos (en-procesos)

### **Pre-procesos**

Como estos datos son obtenidos antes del inicio de las actividades, nos interesa conocer su variación en el momento que realizamos los ensayos respectivos, ya que si los datos son muy variables podrían afectar en deterioro, la calidad del pavimento al momento de su utilización; al igual si estos poseen relación alguna con otros parámetros. Razón por la cual se pueden aplicar métodos que nos muestren su variación, tal es el caso de histogramas, diagramas de dispersión, entre otros.

### **En-procesos**

En este caso, como los datos se van obteniendo a medida avanzan las actividades, es importante conocer y registrar su variación a lo largo del tiempo. Razón por la cual se deben implementar herramientas que reflejen estas características. Una herramienta muy implementada en este tipo de situaciones son las cartas de control, mencionadas en el punto 2.4.3. Pero en este caso no solamente se debe obtener la información, sino también debe conocerse la cantidad apropiada de información a obtener para reflejar lo que esta ocurriendo en campo.

### ***2.7.5 – Variabilidad en el desarrollo del procedimiento.***

El procedimiento o método de construcción es, sino el más importante, uno de los más importantes factores que intervienen en la variabilidad que se presenta en la producción. Esto es por la influencia de los demás aspectos, que generan las diferentes partes de la variabilidad total del producto, en él.



Evidencia de esto podemos observarla en cualquier documento relacionado con los procedimientos de construcción, en nuestro caso, de pavimentos. En ellos siempre se muestra, no solamente el procedimiento de construcción, si no además se muestran una serie de elementos, actividades y procedimientos relacionados con mantenimiento de maquinaria, pruebas de calidad de materiales, entre otros.

No se debe olvidar que los procedimientos de construcción son independientes de los procedimientos de control de la calidad, y que la integración de estos últimos en los procedimientos de construcción constituyen el objetivo de los sistemas (documentos) de la calidad. De esta manera, ayudando a controlar la calidad en ellos.

En este estudio decidimos (como se ha podido observar durante el desarrollo de presente trabajo), separar los aspectos que generan variabilidad en cada uno de los factores y tratarlos por separado. Por ejemplo existen algunos aspectos que afectan propiamente al desarrollo de los procedimientos de construcción de un pavimento (ver figura 2 – 25 ), estos son:

- La falta de conocimiento: Esto en un determinado momento puede afectar la calidad del pavimento ante la realización de una actividad, como por ejemplo en la continuación de las labores ante un posible retraso.
- La interacción con el medio: Importante ya que en este aspecto se generan accidentes que pueden encarecer, la economía del proyecto.
- Toma de decisiones: Aspecto que siempre esta presente en la realización de cualquier actividad por la presencia de problemas que puedan ocurrir.
- Falla del método: Esto no ocurre con mucha frecuencia pero, a veces se ve reflejado en el atraso en el tiempo de ejecución de un proyecto.

Estos a su vez son generados por otras causas que pueden examinarse llegando a un grado más profundo del problema. Por ejemplo en el primer

aspecto mencionado anteriormente, como lo es la falta de conocimientos puede ser debido a la aplicación de nuevos métodos o un error en el estudio de las condiciones del terreno u otra causa.

Debemos tener en cuenta que estas causas encontradas en un nivel más profundo pueden ser de igual manera causas de otros aspectos, en forma breve podemos decir que pueden ser causas iguales las que generen problemas distintos.

Este tipo de análisis ejecutado anteriormente, se realiza para tratar de exponer las posibles causas de no conformidades, que puedan suceder en el desarrollo de un proyecto y de esta manera utilizarlo en su investigación.

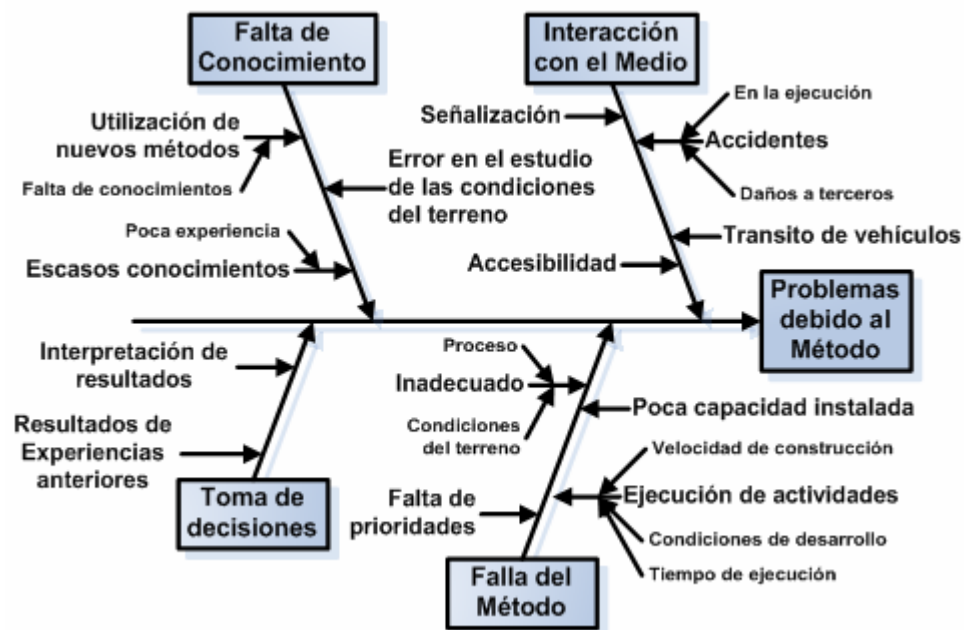


Figura 2 - 25

*Factores comunes que afectan el procedimiento de construcción de un pavimento elaborado con mezclas asfálticas en caliente.*

## **2.8 – CONSIDERACIONES CLIMATOLÓGICAS**

Este es un aspecto que se maneja a nivel técnico o con muy pocas bases científicas; muchas veces se asocia al retraso en la ejecución de las actividades o la presentación de problemas en materiales o errores en los procedimientos de construcción, que ideológicamente van asociados a cierto costo económico (de materiales, mano de obra, maquinaria y reparaciones), sin observar muchos otros factores que son influenciados, indirectamente.

Razón por la cual se realizará un análisis de las posibles causas climatológicas que afectan a una construcción, en especial, de pavimentación refiriéndonos específicamente a los pavimentos asfálticos elaborados con mezclas asfálticas en caliente.

Un problema que frecuentemente se aprecia es que los inspectores, restringen el estudio de estos factores a lo citado por las especificaciones y normas utilizadas para la realización de los trabajos, lo que a veces dificulta la capacidad en la recolección de información, análisis y predicción; destinado a anticipar, corregir y prevenir los posibles efectos que el medioambiente puede tener sobre el proceso de construcción de una obra vial.

Ejemplo de ello es, la no mención en nuestras especificaciones o el olvido (hasta cierto punto), de la existencia de instituciones encargadas de la vigilancia constante de los aspectos climatológicos en el país, como lo es el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), que mantienen un monitoreo constante.

Este ente posee departamentos de Meteorología, Hidrología, Geología y Sismología. Dichos departamentos además de realizar un monitoreo constante, hacen estudios relacionados con factores como:

- Lluvia (meteorología e hidrología): precipitación por medio de nubes formadas con vapor de agua.

- Viento (meteorología): Movimientos del aire a través del espacio, generado por interacción de masas de aire de diferentes temperaturas.
- Sismos (sismología): Estos pueden ser Tectónicos (provocados por la interacción de las capas tectónicas) o Volcánicos (provocados por la actividad de los volcanes cuando se da ascenso de magma).
- Humedad del ambiente (hidrología), entre otros

Poseen estudios de la interacción de estos factores, con nuestro ambiente y estimaciones del tiempo en que se puede tener mayor presencia de ellos.

Aunque la interacción con estas instituciones esta siendo aplicada en proyectos recientes, la falta de conocimientos hace que se desconozca el potencial que poseen y la ayuda que podríamos obtener de ellas. Como ejemplo citamos lo siguiente:

Supongamos que se esta realizando la construcción de un pavimento en el área metropolitana. Si se establece una relación con esta institución podemos pedirles lecturas frecuentes de las probabilidades de lluvias en esta área, o avisos de acercamiento de nubes con alta probabilidad de lluvia, ya que las nubes viajan a cierta velocidad y las imágenes de satélites que ellos reciben son en intervalos de aproximadamente una hora. Lo que nos daría el tiempo suficiente de prevenir la realización de actividades o evitar desastres.

### ***2.8.1 – Especificaciones Existentes Relacionadas con Aspectos Climatológicos.***

Existen especificaciones y normas que se basan en ciertas características climatológicas, para reconocer como aceptables o inaceptables, tanto la realización de ciertos trabajos de construcción como la utilización de algunos materiales. Podemos mencionar como ejemplos: la sub-sección 401.07, 411.05, 702.03, 702.05.

Generalmente, este tipo de especificaciones se relacionan con materiales susceptibles a ciertas condiciones, como los asfaltos sus mezclas y procedimientos de construcción.

Entre las características más importantes de los materiales, afectadas por la climatología podemos mencionar las siguientes: manejabilidad, adherencia y resistencia.

### ***2.8.2 – Factores climatológicos que afectan la construcción de un pavimento flexible.***

Existen varios aspectos medioambientales que afectan la construcción de un pavimento, y que un inspector debe conocer para que se involucrase con la forma en que el medioambiente afecta la construcción de una obra civil.

Retomando lo mencionado anteriormente, uno de los factores que más es conocido por todos es el componente lluvia y los problemas que este conlleva, pero no solo eso compone el factor medioambiental que afecta la construcción de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente, ya que hay muchos otros factores climatológicos (Ver figura 2 – 26). Algunos de ellos son los siguientes:

- Variación de la humedad: tanto del suelo como del aire, puede ocasionar problemas debido al cambio en el nivel freático, variación de la temperatura ambiente, entre otros.
- El arrastre del material (debido a la lluvia): puede provocar retrasos en el desarrollo de las actividades al depositar materiales indeseables en el sitio de trabajo.

Según los estudios y la observación del desarrollo de los algunos proyectos de construcción de pavimentos, podemos darnos cuenta, de la afección del medio ambiente, en el desarrollo de las actividades de construcción es importante. Razón por la cual se hace necesaria la investigación de las posibles causas de

problemas de no conformidades, ya que puede ayudarnos en la solución de estas o en la selección de sus alternativas de solución.

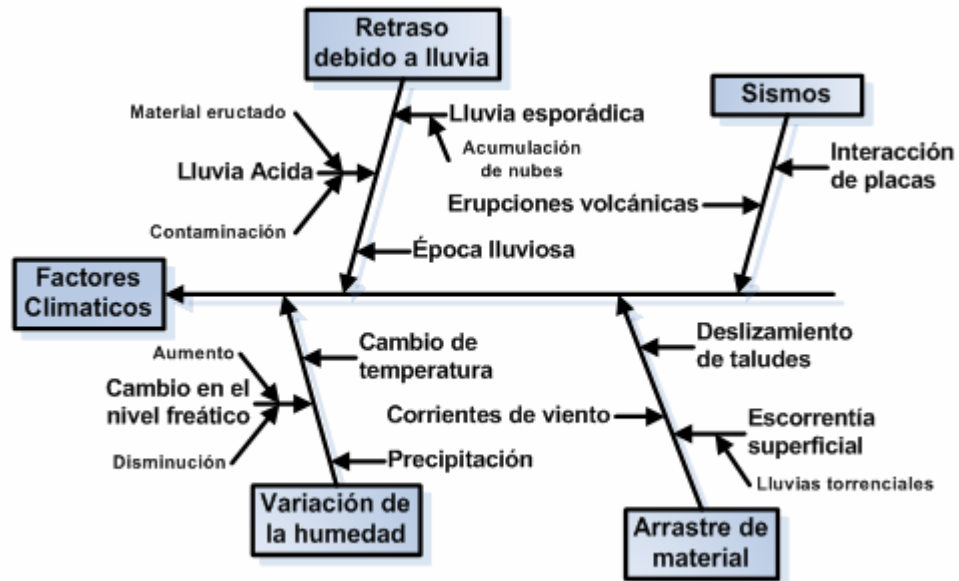


Figura 2 - 26

Grafico de Ishikawa de algunos factores climatológicos que provocan problemas y afectan la construcción de un pavimento flexible y sus posibles causas.

## **2.9 – CONTROL DE DESEMPEÑO HUMANO**

El factor humano es una de las variables más difíciles de estudiar y controlar, y a la vez es uno de los que tiene mayor incidencia en la calidad de la obra. Además es por medio del factor humano que se construye la obra civil, ya que es el único que interviene en el proceso constructivo desde el inicio hasta el final. Hay que tener presente que en el proceso intervienen diferentes individuos, pero su objetivo debe ser común, ejecutar las actividades con calidad.

Resulta adecuado reflexionar sobre los aspectos humanos presentes en el ambiente laboral de la construcción, ya que estos poseen una gran influencia.

En nuestro país, la construcción emplea en su mayor parte mano de obra, que posee una escasa o nula calificación profesional. Esto ha originado que el empleo de un gran número de estos trabajadores adquiera un carácter eventual, y las posibilidades de promoción dentro de la empresa sean muy limitadas; las circunstancias mencionadas anteriormente representan una escasa motivación en el trabajo y la consecuente pérdida de la calidad de lo producido.

Es importante recordar que una empresa debe de dirigir sus esfuerzos a tratar de hacer las cosas con calidad desde la primera vez, ya que esto evitaría pagar al personal por hacer defectos y luego corregirlos; esto es un ejemplo de la influencia e importancia del factor humano.

### ***2.9.1 – Consideraciones acerca del Personal.***

El personal que interviene en una obra de construcción de pavimentos posee ciertas características de interés, las cuales podrían estudiarse para observar de qué manera afectan la calidad de la obra, algunas de ellas son las siguientes:

Una de las características que se puede considerar de interés en el personal es el nivel de educación alcanzado por cada una de las personas que intervienen en la construcción.

Otra característica de importancia es la experiencia que posee el personal en el desarrollo de trabajos similares en anteriores proyectos de construcción de pavimentos.

El personal que trabaja en la construcción de un pavimento flexible se puede dividir a grandes rasgos, de la siguiente manera:

- Dirigentes e Ingenieros: responsables de las directrices del proyecto.
- Técnicos capacitados: Estos poseen estudios específicos del trabajo que realizan entre los que podemos mencionar a los topógrafos, inspectores, jefes de laboratorios, entre otros.
- Personal con cierto nivel de estudios: El cual es designado para realizar trabajos administrativos o que requieren cierto grado de conocimientos.
- Personal con mucha experiencia de campo: A veces este tipo de personal, ocupa cargos importantes en la construcción de la obra, como ser jefes de grupos de trabajo, manejo de ciertas maquinarias como motoniveladoras, laboratoristas, entre otros.
- Personal con poca experiencia: Generalmente, la mayor parte de la población que labora en una construcción y realiza los diferentes trabajos para la realización de la obra.

Uno de los primeros problemas a los que se puede enfrentar en la realización de una obra de construcción de pavimentos flexibles es la capacitación del personal con respecto a los procedimientos y procesos de construcción utilizados, además del conocimiento de los requerimientos con respecto a la calidad exigida. Sin olvidar, la capacitación con respecto a la utilización de nuevos procesos de construcción.



### **2.9.2 – Formas de control.**

Actualmente, no existe práctica alguna que ayude a verificar el grado de conocimientos o experiencia que posee el personal que labora en una construcción de pavimentos. Razón por la cual se necesita del empleo de normas o especificaciones que controlen el aspecto del personal que labora en una construcción. Lamentablemente, en el área de la edificación, las acciones tomadas al respecto han sido escasas puesto que el control en la construcción se ha centrado durante algunos años de forma casi exclusiva en los materiales; esto se observa de manera simple, al darnos cuenta que muchas veces las personas confunden al control de la calidad con los ensayos de los materiales y del producto final únicamente.

Como lo mencionamos anteriormente, la evaluación o verificación de la experiencia del personal que interviene en la construcción de un pavimento, especialmente del personal clave, es una práctica que se recomienda debe aplicarse pronto, de manera frecuente y bajo estricto cumplimiento. Esta práctica puede ser brindada por el Ministerio de Obras Públicas mediante el suministro de una hoja, al final de cualquier proyecto, que haga constar que “x” persona ha trabajado en la construcción de dicho proyecto y como fue su desempeño en el mismo. Asegurando en cierta medida, la calidad en proyectos futuros.

Esto implicaría crear un nivel normalizado de evaluación para el personal. Los parámetros de dicho nivel, pueden ser cualitativos, basados en medidas cuantitativas, como por ejemplo:

Un Ingeniero de Control de la Calidad, se podría evaluar por el número de no-conformidades ocurridas durante el desarrollo de todo el proyecto (ya sea por negligencia o inesperadas).

Un Ingeniero Residente de Proyecto, se podría evaluar por medio de la calidad de los procedimientos de construcción utilizados, por su atraso con la ejecución de las actividades en la obra o por el hallazgo de vicios ocultos en la obra.

El encargado de la topografía del proyecto, podría ser evaluado en cuanto al grado de precisión (o tolerancias) obtenido en la construcción de las obras con respecto a lo establecido en los planos y especificaciones. Y de igual manera pueden evaluarse sucesivamente cada persona involucrada en el desarrollo de la obra.

Finalizando, con el establecimiento de requisitos o especificaciones para el personal, y su introducción en las carpetas técnicas elaboradas para las licitaciones. A la vez puede manejarse un registro informático de las personas para observar su grado desempeño en los proyectos, y visualizar de esta manera mejora alguna o disminución en la calidad de su trabajo al desenvolverse en la construcción de un pavimento.

Una forma de minimizar los maltratos (educar al personal sobre el trato hacia la gente) y alentar a los trabajadores a formar parte del desarrollo del proyecto, es mediante la creación de un departamento de quejas y sugerencias en el proyecto.

Un factor Importante, que no puede dejarse fuera, es la identificación del personal dentro del proyecto. Este es un aspecto que se realiza en la actualidad con la finalidad de distinguir la capacidad de mando de las personas dentro del proyecto. Sin embargo, a veces resulta difícil la distinción a simple vista en un proyecto, ya que la indumentaria de trabajo de todo el personal es de un solo color. Esto motiva a plantear la alternativa de utilizar diferentes colores en la indumentaria para distinguir al personal (siempre y cuando estos sean llamativos o fluorescentes) o por lo menos utilizar un implemento de diferente color como puede ser: gorra, letras en la camisa, monograma o marca específica.

Finalmente, no se puede dejar de mencionar un aspecto muy importante como lo es la seguridad en el proyecto e higiene industrial. Mantener un plan de trabajo que evite o minimice la ocurrencia de accidentes en la construcción, contribuye en muchos aspectos como:

- a) Evitar o minimizar los accidentes en la obra.
- b) Evitar atrasos, debido a los accidentes y a la falta de personal por enfermedad
- c) Evitar procesos judiciales debido a los accidentes laborales y enfermedades epidemiológicas originadas por la ejecución de la obra que afectan a las comunidades circundantes.
- d) Culturizar a las personas con respecto a la higiene en el proyecto.
- e) Implementar la cultura de seguridad e higiene en la ejecución de la obra.

Generalmente los aspectos básicos que debe contener el plan de seguridad e higiene industrial se mencionan en las bases o requisitos del contrato propuestos para el proyecto.

Analogía: Los grupos o familias se forman de varias alianzas individuales (grupos de trabajo). La fuerza del equipo (empresa constructora) está dada por la calidad de estas alianzas.

### ***2.9.3 – Factores que influyen en el personal.***

Hay que recordar que las personas dependen de muchos factores para que realicen su trabajo de la mejor manera posible. Por la relación de comunicación que mantienen las personas, estos factores que afectan a alguien en específico, a la vez pueden afectar a otras personas relacionadas con la primera. Algunos de los factores que pueden afectar al personal (ver figura 2 – 27), son los mencionados a continuación:

- Actitud personal: que se puede ver reflejada por el estado de ánimo de una persona, la estabilidad laboral, entre otros.
- Estado de Salud.
- Condiciones de trabajo inseguras.
- Capacidad de realización del trabajo

- Toma de decisiones: por medio de esta se puede evitar o cometer errores y en la cual influye la experiencia del personal en trabajos anteriores

Demostrando la influencia que poseen los factores mencionados anteriormente en la calidad del producto podemos decir que el estado de ánimo de una persona no solamente puede influir en sí misma, sino también en las que se encuentran a su alrededor. Por ejemplo el estado de ánimo de un Jefe puede influir para que un trabajador, desempeñe con esmero su trabajo o para que este se estrese haciendo que cometa errores con mayor frecuencia.

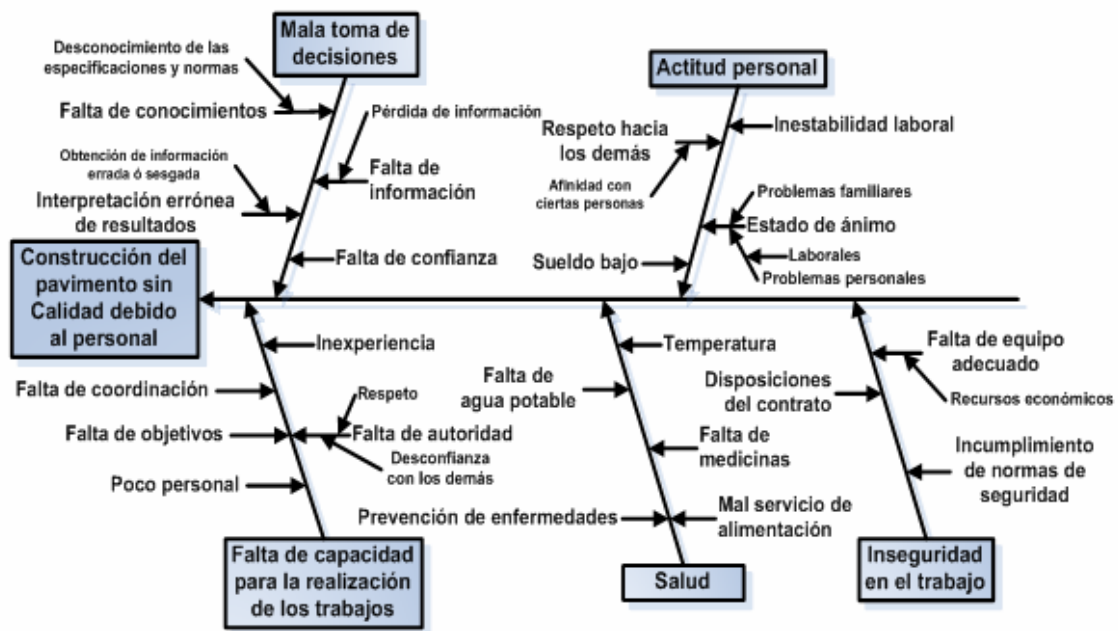


Figura 2 - 27

La imagen muestra algunos de los factores que afectan al personal involucrado en la construcción de un pavimento flexible.

Estos factores pueden ser de gran utilidad al momento de realizar una investigación, ya que pueden brindar pistas acerca de causas de no-conformidades, debidas al personal. De igual manera, el no prestar atención a los mismos, puede generar problemas de gran importancia que van desde el

ausentismo por diferentes razones o errores frecuentes durante la construcción, hasta (en última instancia) el abandono total del trabajo, en momentos importantes de la construcción del pavimento.

Como una referencia de la importancia del factor humano en la construcción, citamos lo siguiente:

Estudios realizados por el Instituto Federal de Tecnología de Zurich, demostraron que alrededor del 75% de los fallos, que totalizaron el 90% de las pérdidas en una construcción, se debían a la falta de fiabilidad humana.

## **2.10 – CALIDAD FINAL DEL PRODUCTO**

Este es el último control que se aplica, antes de la recepción de la obra. Consiste en la verificación de ciertos parámetros por medio de ensayos y pruebas aplicadas al producto entregado, estos se realizan con equipos especializados para medir los factores o propiedades que se establecen son de mucha importancia para la operación del producto. Las pruebas que se realizan en esta parte, ya están definidas por las especificaciones. Pero resultaría de utilidad definir muy bien que pruebas son necesarias realizar en esta parte del proceso de control de la calidad, ya que podría estarse midiendo propiedades innecesarias que no son bajo las cuales trabajará la obra; de ser así estaría desperdiciándose tiempo y dinero en pruebas que no servirán de nada sino solamente para complicar el entendimiento de las propiedades del producto o generar inseguridad en los resultados anteriores.

Recordemos que las características que debe reunir un pavimento son las siguientes:

- Comodidad o confort: Es la capacidad de un pavimento de no causar molestias al usuario cuando este se conduce por dicho pavimento.
- Durabilidad: Es la característica que nos permite conocer la duración de un pavimento y esta relacionada con su capacidad estructural o resistencia.
- Seguridad: Es la capacidad por medio de la cual se puede conducir sobre de un pavimento, sin que ocurra un accidente debido al tránsito.

Y es bajo esas características de trabajo que un pavimento debe ser evaluado al final de su construcción.

### **2.10.1 – Especificaciones de verificación final.**

Antes de mencionar las especificaciones existentes para el ejercer la verificación de la calidad del producto final, se debe aclarar lo siguiente:

Existen dos tipos de verificación final, uno es el que se realiza después de la construcción de cada una de las capas que forman la estructura del pavimento. Y el segundo es el que se realiza al finalizar la construcción total del pavimento. A continuación se tratarán en forma breve cada una de las formas de verificación mencionados anteriormente:

#### **Verificación de cada una de las capas.**

Cuando se termina la construcción de las capas de sub-base y base, se realizan las siguientes actividades y ensayos:

Se debe **chequear la geometría** de la capa construida, de acuerdo a la sección 309.03. Ya que esta afecta enormemente en la regularidad superficial de las demás capas, que se encuentran por encima.

Se extraen **núcleos** (solamente en capas tratadas o estabilizadas) según AASHTO T 230, para determinar su porcentaje de compactación, resistencia, espesor de la capa y densidad.

Al terminar la construcción de la capa de rodadura, se realizan las siguientes actividades y ensayos:

Se **chequea la geometría** de la capa de rodadura, de acuerdo a la sección 309.03.

Se realiza la **extracción de núcleos** y se **determina del grado de compactación** según AASHTO T 230, también se verifica el **espesor de la capa de concreto asfáltico** midiendo la altura del núcleo extraído.

Con el núcleo extraído, se realizan los ensayos siguientes:

**Gravedad específica bulk** conforme ha AASHTO T 166

**Porcentaje de vacíos del aire** según AASHTO T 269 o ASTM D 3203.

**Estabilidad y flujo** de acuerdo ha ASTM D 1559

La mayoría de los ensayos mencionados anteriormente, tiene la finalidad de verificar la durabilidad y resistencia, de todas y cada una de las capas que forman la estructura del pavimento. Con el único inconveniente que destruyen o

afectan en gran manera la estructura del pavimento. Además se recomienda **chequear la regularidad superficial** en cada una de las capas construidas.

### **Verificación al finalizar la construcción del pavimento**

Las características a evaluar al finalizar la construcción del un pavimento son, como lo mencionamos anteriormente, la comodidad, la seguridad y la durabilidad que se evalúan mediante parámetros como lo son el IRI (índice de regularidad internacional) y la extracción de núcleos, que se miden mediante procedimientos no destructivos y destructivos, respectivamente.

El IRI es una medida estándar de la regularidad superficial de un camino y esta relacionado con el confort del usuario al transitar en el pavimento. Se determina mediante la acumulación de desplazamientos verticales, en un perfil longitudinal, dividido entre la distancia recorrida; se expresa en mm/m ó m/km. La regularidad es la diferencia entre un perfil longitudinal teórico y el real.

Los equipos utilizados para medir el IRI (ver fotografía 14), de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM E 950, se clasifican en:

- a. Clase I
- b. Clase II (debidamente calibrados)
- c. Clase III (debidamente calibrados)

Finalmente, se efectúa la extracción de núcleos que es un procedimiento destructivo que se utilizan para realizar la verificación de la calidad final del pavimento, en cuanto a su durabilidad, resistencia y espesores

Sin embargo la durabilidad puede ser evaluada en base a su resistencia o capacidad estructural del pavimento. Utilizar la prueba de deflectómetro de impacto, puede ser una buena alternativa en sustitución de los métodos destructivos.

La prueba del deflectómetro de impacto para evaluación de pavimentos existentes se encuentra establecida con la norma de ensayo ASTM D 4694 Y D 4695. A través del impacto se aplica el efecto transitorio de una carga dinámica. La medición de las deflexiones producidas al aplicar una carga al pavimento,



constituye una forma de evaluar, in situ, la capacidad estructural de un pavimento.



*Fotografía 14: Equipo de respuesta (perfilómetro láser)*

### **2.10.2 – Consideraciones finales acerca del pavimento.**

Establecer una documentación precisa en la parte final del proceso es de importancia para respaldar mediante documentos, la calidad obtenida en el resultado de la construcción.

Debemos tener en cuenta que en esta parte del proceso solamente es necesario conocer la respuesta del pavimento conforme a las características que trabajará; ya que las demás propiedades, tanto de los materiales como de los procesos anteriores, se han venido chequeando en su respectivo momento. Corregir la calidad en este momento, representaría un problema, debido a que la calidad ya se ha establecido o concretado y querer corregirla implicaría invertir en gastos de demolición, desalojo y reproceso. Razón por la cual se debe enfocar mayor esfuerzo en el control de la calidad al inicio de la obra y durante las actividades de construcción. Y no al final, cuando se tiene el producto terminado.

## **2.11 – LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

En la construcción de una infraestructura vial, el establecimiento de un laboratorio de suelos y materiales es de mucha importancia. Así también, el conocimiento del trabajo que desempeña, de las variables que influyen en su desarrollo, entre otros.

El laboratorio de campo juega un papel muy importante dentro del desarrollo de un proyecto de carreteras. La importancia de un laboratorio de suelos y materiales, radica en su utilización para realizar pruebas o ensayos que forman parte del control de la calidad tanto de los materiales como de los procesos y el resultado del producto terminado. Dichos ensayos se deben desarrollar a través de procedimientos confiables, de los cuales se puedan obtener resultados que reflejen lo que está ocurriendo en el área de trabajo o campo, y los que se confrontan con los parámetros de diseño establecidos en las especificaciones técnicas de cada proyecto.

Con lo anterior, podemos entender que el laboratorio, no es más que una herramienta utilizada para realizar el control de la calidad en la construcción; y como toda herramienta o equipo, necesita una calibración o inspección para que pueda desempeñar un trabajo libre de errores. Es debido a lo mencionado anteriormente, que se ha decidido investigar las variables que afectan en su desarrollo y que, como consecuencia también afectan al control de la calidad en la obra.

Para obtener dichas variables es necesario observar el trabajo que se realiza a diario en el laboratorio, específicamente el proceso que se lleva a cabo. Al observar dicho proceso podremos dividirlo en actividades básicas utilizadas para la realización del trabajo que se desempeña en este lugar.

Aplicando la herramienta denominada, Diagrama de flujo (fig. 2 - 28), se obtiene el siguiente resultado que muestra las actividades principales en que se desarrolla el trabajo en un laboratorio.

Las actividades principales, en que se dividen el proceso realizado en un laboratorio de suelos y materiales, son las siguientes:

- Conocimiento del ensayo a realizar.
- Obtención de una muestra de material (muestreo de campo) para realizar el ensayo.
- Apuntes de aspectos importantes del lugar de muestreo (ubicación, observaciones, entre otros).
- Desarrollo de la prueba o ensayo.

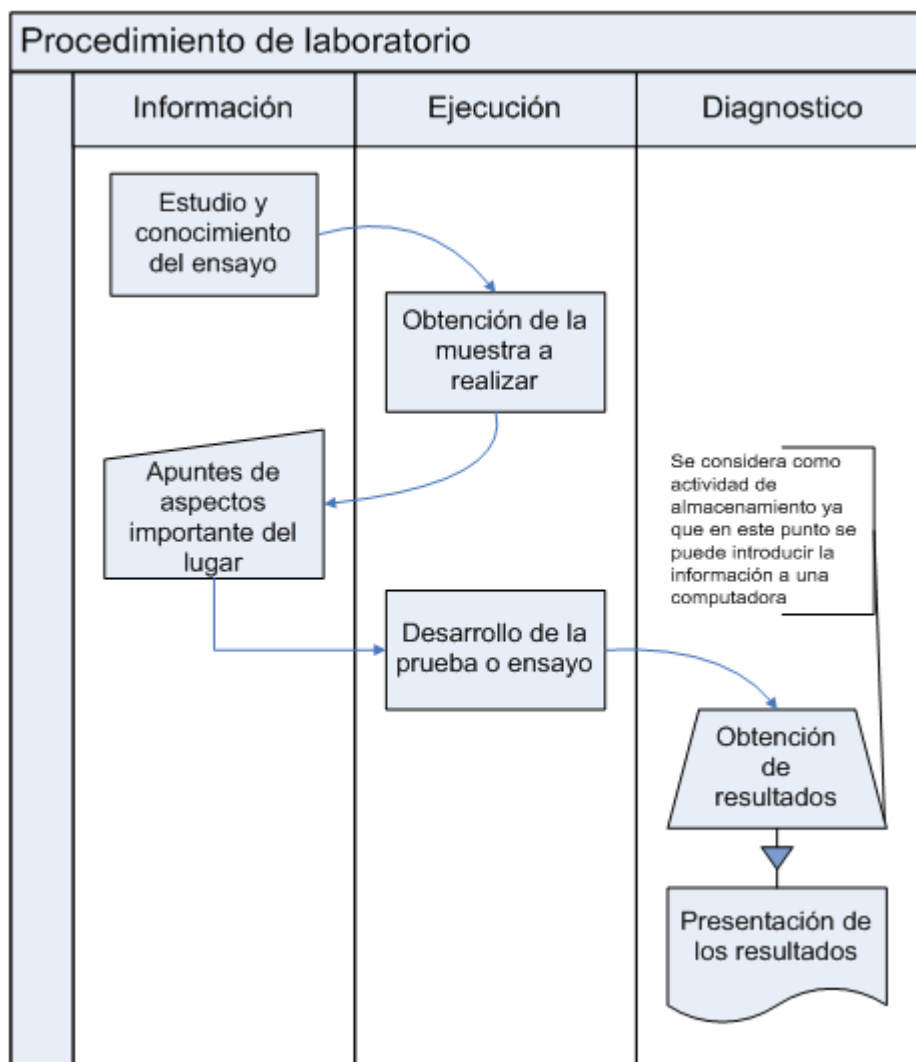


Figura 2 - 28

*Flujo de proceso de las actividades realizadas en el laboratorio*

- e) Obtención de los resultados
- f) Presentación y archivo de los resultados.

Las actividades mencionadas anteriormente por lo general componen el sistema empleado en un laboratorio de suelos y materiales. Estas se encuentran influenciadas por factores que intervienen en su desarrollo. Debido a esto se analizarán por separado cada una de las mencionadas actividades y de esta manera poder determinar dichos factores.

Pero generalmente, se exige al Laboratorio, para poder desarrollar sus funciones en una forma efectiva, constante y confiable, que cuente con personal de laboratorio altamente capacitado y equipo de medición y ensayo adecuado.

### ***2.11.1 – Del ensayo a realizar.***

La persona encargada del laboratorio en una obra (Laboratorista), debe poseer el conocimiento profundo del ensayo que debe realizar, esto quiere decir que debe conocer el procedimiento a realizar para desarrollar un ensayo, las condiciones que deben estar presente a la hora de la toma de la muestra y a la hora del desarrollo del ensayo, los parámetros que rigen el ensayo, la norma de referencia del mismo, etc. en resumen; debe poseer un conocimiento completo, ya que una falta de conocimiento puede afectar el desarrollo del ensayo y puede dar lugar a la obtención de resultados incorrectos y consecuentemente, a una conclusión errónea de las propiedades reales de los materiales.

Uno de los requerimientos en todo laboratorio es la presencia de la bibliografía respectiva (normas), acerca de la realización de todos y cada uno de los ensayos que se ejecutarán en el desarrollo de una obra de construcción.

### **2.11.2 – Obtención de la muestra (muestreo)**

La obtención de la muestra para la realización de un ensayo es de mucha importancia. En esta influyen muchos factores, uno de ellos es la determinación del tipo de muestreo que se realizará, entre otros.

Los tipos de muestreo se han explicado en el punto 2.4.2, de igual manera que algunas especificaciones y normas relacionadas con esta actividad, como:

La norma AASHTO T 2 – 91(2000) y ASTM D 72 – 92 “Muestreo de agregados”, entre otras.

Pero además del método utilizado también influyen en el desarrollo de esta actividad parámetros como la temperatura, experiencia del personal, utilización de equipo adecuado, entre otros.

### **2.11.3 – Apuntes**

Esta actividad consiste en la obtención de información importante y adicional de aspectos relativos al lugar de la toma de la muestra y condiciones bajo las que se realiza la misma.

En algunas ocasiones no se le da mucha importancia, pero la anotación de las condiciones bajo las que se realiza un muestreo podría ayudar en la solución de un problema y su respectiva solución.

### **2.11.4 – Desarrollo de la prueba**

Esta actividad, es el núcleo o esencia del laboratorio de suelos y materiales, ya que este fue creado para realizar el desarrollo de las pruebas y ensayos. Por dicha razón se le debe prestar especial cuidado e importancia.

Una parte muy importante en el desarrollo de esta actividad es la reducción de muestras, que se debe realizar para la realización de algunos ensayos, la norma siguiente es un ejemplo de ello, y posiblemente la única en su género:

AASHTO T 248 – 02 ASTM C 702 – 98 (2003) “Reducción de muestras de agregados para el ensayo”.

En el desarrollo de la prueba, se observa la influencia de algunas variables que pueden afectar sus resultados, como lo son:

1. Herramientas y equipo de medición y ensayo
2. Conocimiento del ensayo a desarrollar
3. El personal y su experiencia en prácticas anteriores acerca de la realización de dicho ensayo
4. Lugar donde se desarrolla el ensayo y
5. Condiciones ambientales de realización.

Razón por la cual se deben tener muy presentes dichas variables y bajo vigilancia.

### **2.11.5 – Obtención de los resultados**

Como su nombre lo expresa, esta actividad consiste en la obtención (observación y anotación) de los resultados brindados por el ensayo o la prueba realizada.

La obtención de los resultados de una prueba es un factor dependiente del punto anterior, en el cual poco influyen otros factores, pero de los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Lectura de los valores obtenidos en la prueba.
- Herramientas utilizadas para lectura de los resultados y sus respectivas incertidumbres.
- Forma de medir los resultados
- Congruencia de las unidades de medida
- Anotación de los resultados (este es un factor que no tiene influencia local, sino mas bien influye en el siguiente paso del proceso)

### **2.11.6 – Presentación y archivo de los resultados**

La presentación de resultados es el producto final obtenido del laboratorio de suelos y materiales. Y es importante que se establezcan los documentos y registros necesarios para poder realizar esta actividad.

Lo que se pretende llevar a cabo en esta actividad es lograr que las personas a quien va dirigido, comprendan de manera sencilla y sin mucho esfuerzo los resultados del análisis. Para que puedan tomar decisiones correctas en base a estos resultados, sin mayor contratiempo.

### **2.11.7 – Resumen.**

Después de haber separado las actividades y analizado una por una nos damos cuenta que existen diferentes factores que las afectan. Pero al mismo tiempo, podemos observar el conjunto de estas.

Además podemos mencionar que el funcionamiento del laboratorio básicamente se limita a realizar la verificación de calidad de los materiales como de los resultados de los procesos utilizados en la obra, por medio de las pruebas realizadas tanto en el campo como en el laboratorio que estará ubicado en la obra, por lo que para ello se contará con el equipo necesario para llevar dicho control.

La Empresa debe contar con las instalaciones y elementos adecuados para el funcionamiento del laboratorio, dentro de los cuales podemos mencionar las siguientes:

- Área de trabajo para realizar los ensayos correspondientes.
- Área de instalación de los equipos a utilizar
- Tarimas de almacenamiento de muestras según sea su clasificación.
- Formularios para registros de ensayos
- Pilas para saturación de especímenes
- Libro de registro diario de los ensayos realizados

También deberá contar con datos acerca de la calibración de los equipo de medición y prueba. Y presentar la identificación del personal que laborará en él, así como los ensayos que se realizarán.



## 2.12 – NO CONFORMIDADES

Se le denomina no conformidad al incumplimiento de ciertos requisitos establecidos ya sea por medio de especificaciones o normas relacionadas con materiales, procedimientos, resultados de ensayos, entre otros.

Una de las cosas a definir con respecto a las no conformidades es lograr que este tipo de productos sean apartados del proceso, valorados y además que se estudie lo que ha motivado el problema (sus causas).

Una forma de observar y corroborar las no conformidades ya sea en procesos como en materiales, es por medio de la presentación y aprobación de los documentos que expresen los requisitos del contrato, antes del inicio de las actividades.

Los documentos que expresan los requisitos del contrato son aquellos en los cuales se presentan diversos objetos relacionados con el desarrollo de la obras para su aprobación antes de su utilización; por lo general son utilizados para presentar diseños, procedimientos y materiales que serán aplicados en la construcción. El tiempo de presentación de estos, previo a su utilización, es establecido en las condiciones del contrato, pero generalmente varía de 2 semanas a un mes de anticipación.

Otros elementos importantes con respecto a este punto es la definición de aspectos tales como:

- Definir como y donde se registra la no conformidad.
- Determinar como se notifica a los afectados lo ocurrido.
- Determinar que actuación se emprende para resolver el problema.

Lo más aceptable es establecer y mantener procedimientos documentados para asegurar que el producto no conforme es prevenido de uso o instalación inadvertida, esto puede lograrse mediante un formato para registrar las no conformidades, donde se enuncie la información necesaria para el

conocimiento de las mismas. Y donde además puedan enunciarse sugerencias de solución.

Se propone un proceso de resolución de problemas para casos de posibles no-conformidades.

Para la solución de los posibles problemas de no conformidad se llevará a cabo el siguiente procedimiento:

a) Recibir la no-conformidad por medio de reportes como resultado de la inspección, la cual ira acompañada con todo el soporte técnico que respalde dicha no-conformidad.

b) Se analizara por parte de la empresa toda la documentación que respalde la no conformidad para determinar las razones que se establecen para dicha documentación.

c) Determinar si dicha no-conformidad tiene como base los requisitos mínimos establecidos en las especificaciones técnicas o en su defecto, los documentos contractuales.

d) Una vez determinada la validez de la no-conformidad, debe determinarse la causa de la no-conformidad, realizando análisis y estudios de las causas que pudieron haberla provocado; para esto puede apoyarse en cada uno de los gráficos DI que muestran las posibles causas de no conformidades en cada uno de los factores que intervienen en el proceso constructivo de un pavimento o recabando información para realizar cualquier otro tipo de análisis (como estratificación o diagramas de pareto) con el cual podamos determinar las causas de la no-conformidad.

e) Una vez descubierta la causa de la no-conformidad, se someterá a la aprobación los procedimientos correctivos o preventivos, que las mismas especificaciones técnicas establecen.

f) De ser el caso que no se encuentre solución posible a la no-conformidad, se someterá para aprobación de la Supervisión, las acciones de remoción de la no –conformidad y el consecuente reproceso o reconstrucción.

La responsabilidad para la revisión, y la autoridad para la disposición del producto no conforme deben ser definidas y por lo general es asignada al superintendente del proyecto y al ingeniero de control de la calidad. El producto no conforme debe ser revisado de acuerdo a procedimientos documentados.

Haciendo una referencia del procedimiento a tomar en caso de no conformidad, se puede decir que las no conformidades, son el inicio del análisis y la definición de las acciones a tomar son el resultado final de dicho análisis.

El estudio realizado, anteriormente, de cada uno de los factores que afectan al proceso de construcción, nos conduce a este punto; que es en el cual se decide la alternativa de respuesta a implementar (acciones preventivas/correctivas) en base a los resultados obtenidos y el consecuente establecimiento de las causas que motivaron la no conformidad. Por medio del proceso propuesto, anteriormente, para la solución de la no-conformidad.

Las alternativas de respuestas tomadas como consecuencia de un problema presente pueden ser de dos tipos; de acuerdo a la forma en que influyen en el proceso:

Acciones correctoras y

Acciones preventivas

El objetivo principal de estas es proporcionar eficacia día a día en el proceso constructivo.

Al igual que las no conformidades, la documentación de las acciones correctivas y preventivas debe poseer un formato que contenga como mínimo los siguientes puntos:

- Definir cual es el problema
- Que causas lo motivan
- Que acciones se van a realizar para solucionarlo
- Una vez implantadas las acciones en función del resultado, ¿es posible dar por concluida la acción realizada o no se han obtenido los resultados esperados y debe re-estudiarse?

- Quienes son los responsables, fechas de implantación previstas y reales.

Cualquier acción correctiva o preventiva tomada para eliminar las causas de no conformidades reales o potenciales deben ser de grado adecuado a la magnitud del problema.

Se debe implementar y registrar cualquier cambio a los procedimientos documentados, como resultado de las acciones correctivas o preventivas implantadas.

Hay que considerar que las acciones correctoras y preventivas no son simplemente documentos de reclamos; mas bien son instrumentos indispensables para la realización del control de la calidad.

### **2.12.1 – Acciones Preventivas (AP)**

Estas son propuestas de implementación de respuestas en los procesos constructivos, ante la presencia de no conformidades en productos intermedios o finales, como consecuencia de la interacción de causas problemáticas en estos procesos.

Estas respuestas son consecuencia del análisis de las no conformidades y los factores que pudieron causar su aparición.

Los procedimientos para la definición de la acción preventiva deben incluir:

1. Uso de fuentes apropiadas de información tales como operaciones de proceso, trabajos y factores que afectan la calidad del producto, resultados de controles y registros de la calidad para detectar, analizar y eliminar causas potenciales de no conformidad, mediante el cruce de información.
2. Manejo efectivo de reportes de no conformidades del producto
3. Determinación de procedimientos necesarios para manejar cualquier problema que requiera la implementación de una acción preventiva.
4. Determinar donde se aplicará la acción preventiva y la consecuente aplicación de controles para verificar que es efectiva.

5. Asegurar que la información relevante de las acciones que se ejecutarán es enviada para su revisión y aprobación, a las personas necesarias.

### **2.12.2 – Acciones Correctoras (AC)**

Estas son propuestas de ejecución de respuestas, debido a la presencia de no conformidades en productos, como consecuencia de problemas ocurridos en los procesos constructivos.

Los procedimientos para la implementación de acciones correctivas deben incluir:

1. Utilización de fuentes adecuadas de información tales como operaciones de proceso, trabajos y factores que afectan la calidad del producto, resultados de controles y registros de la calidad para detectar y analizar causas potenciales de no conformidad, mediante el cruce de información.

2. Manejo efectivo de reportes de no conformidades del producto

3. Determinar la acción correctiva adecuada para eliminar la no conformidad presentada.

4. Aplicar controles para asegurar que la acción correctiva es tomada y que es efectiva.

5. Asegurar que la información relevante de las acciones que se ejecutarán, es enviada para su revisión y aprobación, a las personas necesarias.

Generalmente, las acciones correctivas o alternativas de respuesta, se enmarcan en una de las categorías siguientes:

a) Retrabajo para satisfacer los requisitos especificados.

b) Aceptado con o sin reparación, por acuerdo, bajo la condición de pago reducido.

c) Reclasificado para aplicaciones alternativas, o

d) Rechazado o desechado.

Las alternativas anteriores, son aplicadas en nuestro medio e mayor o menor grado, pero debe mencionarse que: la mayoría de veces el producto no conforme es aceptado bajos los literales a), b) ó c) y muy pocas veces bajo el término descrito en el literal d).

El aceptar un producto bajo pago reducido, en ocasiones, es buena alternativa, pero en nuestro país no existen parámetros específicos que reflejen la certeza que el monto reducido esta acorde o es equitativa al trabajo o calidad del producto. En este caso FOVIAL (institución encarga del mantenimiento de pavimentos) realiza un estudio para el establecimiento de parámetros de calidad sobre los cuales puedan calcularse la reducción en el pago de las obras no conformes<sup>34</sup>.

---

<sup>34</sup> Entrevista con personal de asesoría de la calidad, FOVIAL, Junio de 2005.

## **2.13 – PROPUESTA DE PLAN DE CONTROL DE LA CALIDAD**

El plan de control de la calidad es la parte culminante del presente capítulo, en esta parte se expondrán las partes principales que lo componen. La definición de plan de calidad se explicó con anterioridad.

En base a estudios realizados con aspectos de la calidad la estructura básica de un plan de control de la calidad para la construcción de la estructura básica de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente, sería la siguiente:

### **GENERALIDADES**

A.1 Descripción del Proyecto.

A.1.1 Cronograma de actividades

A.2 Definición de términos básicos y sistema de unidades

A.3 Programa de control de calidad

A.4 Especificaciones y normas de referencia.

### **ORGANIZACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA CALIDAD**

B.1 Organización Técnica y operativa del control de calidad.

B.1.1 Personal encargado de llevar el Control de la Calidad

B.1.2 Capacidad del personal, experiencia y referencias

B.1.3 Responsabilidades del personal de Control de la Calidad

B.1.4 Organigrama de los encargados del control de la calidad

### **PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION**

C.1 Establecimiento de procedimientos para la construcción de la capa Sub-base

C.2 Establecimiento de procedimientos para la construcción de la capa de Base

C.3 Establecimiento de procedimientos para la construcción del riego de Imprimación

C.4 Establecimiento de procedimientos para la construcción de la carpeta de concreto asfáltico en caliente

### **METODOLOGÍA DEL PLAN DE CONTROL DE LA CALIDAD**

D.1 Planteamiento general

D.2 Sistema aplicado al control de la calidad

### **COMUNICACIÓN DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

E.1 Reuniones

E.1.1 Reuniones preparatorias y de pre-construcción.

E.1.2 Reuniones iniciales

E.1.3 Reuniones de seguimiento

E.1.4 Reuniones finales

E.2 Documentos e Informes

E.2.1 Clasificación de Documentos

E.2.1.1 Documentos que expresan los requisitos del contrato

E.2.1.2 Documentos y registros de ensayos

E.2.1.3 Documentos de control e inspección

E.2.1.4 Documentos que expresan no conformidades

E.2.1.5 Documentos para propuestas de acciones preventivas o correctivas que serán sometidos a aprobación.

E.2.2 Informes utilizados en el proyecto

E.2.2.1 Informes mensuales

E.2.2.2 Informes semanales

E.2.2.3 Informes especiales

### **PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE LA CALIDAD**

F.1 Aspectos a controlar en cada elemento del pavimento

F.1.1 Formatos de control e inspección

F.1.2 Control de materiales

F.1.3 Control de procedimientos

F.1.4 Consideraciones Climatológicas



F.1.5 Maquinaria y equipo

F.1.6 Verificación del producto terminado

F.2 Procedimientos de obtención de la información

### **CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD**

G.1 Establecimiento de los instrumentos de análisis estadístico de los datos

G.2 Justificación de los métodos de control estadístico

G.3 Formas de presentación

### **FUNCIONAMIENTO DEL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

H.1 Personal de laboratorio

H.2 Documentos necesarios

H.3 Establecimiento de procedimientos de muestreo y almacenamiento

H.4 Equipo utilizado

H.4.1 Descripción

H.4.2 Calibración y Mantenimiento

H.5 Normas de seguridad

H.6 Ensayos de laboratorio a realizar

H.7 Procedimientos de documentación y registro

H.7.1 Establecimientos de formatos para datos de laboratorio

H.7.2 Documentación y registros de ensayos

H.7.3 Almacenamiento de información y entrega de documentos

### **SEGURIDAD E HIGIENE EN EL PROYECTO**

I.1 Propuesta de plan para operar con seguridad en el proyecto

I.2 Propuesta de plan de higiene en el proyecto

### **TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

J.1 Manejo de la información

J.1.1 Flujo de la información

J.2 Procedimientos propuestos para el tratamiento de no conformidades

### **PROCEDIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO**

K.1 Definición de la forma de almacenamiento de la información

K.1.1 Información digital

K.1.2 Información escrita

K.1.3 Gráficos

K.1.4 Diagramas, otros.

## **IMPLEMENTACION Y VERIFICACION DE RESULTADOS DE AP Y/O AC**

L.1 Establecimiento de procedimientos para la implementación y verificación del cumplimiento de acciones preventivas.

L.2 Establecimiento de procedimientos para la implementación y verificación del cumplimiento de acciones correctivas

### **A. GENERALIDADES**

El Plan de Control de la Calidad será un conjunto de actividades destinadas a verificar la calidad del producto terminado y en base a los resultados obtenidos, aceptarlo o rechazarlo. El Sistema de Control de Calidad comprenderá el estudio entre otros; de los materiales, equipos y maquinaria, procedimientos constructivos, factores climatológicos y el personal. La inspección de los trabajos, el muestreo y las pruebas de laboratorio son procedimientos de control de calidad, destinados a hacer cumplir las especificaciones técnicas.

#### A.1 Descripción del proyecto.

La descripción del producto deberá contener, los siguientes aspectos básicos:

- Ubicación del proyecto
- Las características geométricas de la carretera a lo largo de su longitud
- Descripción de aspectos especiales del proyecto como: longitud, número de carriles, entre otros.
- Los trabajos que se realizarán en la carretera

##### A.1.1 Cronograma de actividades

También se deberá contar tanto en el plan de la calidad, como en la obra un gráfico completo del cronograma de la misma, el cual será actualizado cada

cierto tiempo (preferentemente cada mes), para observar el avance realizado, su atraso o adelanto.

#### A.2 Definición de términos y sistema de unidades

Se deberá anexar una definición de términos relacionados con los trabajos de construcción de pavimentos o hacerse referencias a las especificaciones y normas que la poseen como en el caso del manual de especificaciones de la SIECA en su sección 100 y en el caso de la norma AASHTO R 10-98 (2002). De igual manera se anexará una copia de la norma AASHTO R 1-04 que especifica el uso del sistema internacional de unidades, o hacerse referencia de él.

#### A.3 Programa de control de la calidad

La mayoría de actividades de construcción requieren por su naturaleza, de un control permanente para un fiel cumplimiento de las especificaciones técnicas. Esto implica una permanencia física en el lugar de trabajo, verificando procesos constructivos, efectuar mediciones y ensayos para obtener datos, y así comprobar la calidad final de la obra. Algunos principios básicos en los que se apoyara el programa de control de calidad son:

- El control de la calidad antes y durante la ejecución.
- Muchas etapas del proceso constructivo podrán vigilarse por simple observación, resultando más sencillo y económico que un intenso muestreo y ensayos finales.
- El control durante la ejecución los trabajos y su aprobación mediante documentos que expresen los requisitos del contrato, ayudarán en la aceptación definitiva al concluir los trabajos.

#### A.4 Especificaciones y normas de referencia

Será indispensable mantener una copia ya sea digital o impresa de las especificaciones necesarias para la realización de los trabajos, como las mencionadas en el punto 2.3 del presente capítulo.

## **B. ORGANIZACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA CALIDAD**

### B.1 Organización

La organización técnica prevista para dirigir el sistema de control de calidad esta orientada a controlar la calidad del producto, tomando como base los datos obtenidos

#### B.1.1 Personal encargado de llevar el control de la calidad.

Para llevar este control se ha creado una organización específica de control de la calidad, la cual se muestra en el organigrama del punto 2.1.3.3. Dicho organigrama será el que se implemente en la construcción de un pavimento. Y cada persona enunciada en él, debe cumplir lo establecido en dicho punto.

#### B.1.2 Capacidad del personal, experiencia y referencias

El personal de la unidad de control deberá poseer las capacidades descritas en el punto donde se encuentra el organigrama. Además su experiencia deberá ser comprobada de la manera mencionada al final del punto de desempeño humano.

#### B.1.3 Responsabilidades del personal de control de la calidad

Las principales responsabilidades que debe desempeñar este personal se describen en el punto 2.1.3, después del organigrama del personal de la calidad.

#### B.1.4 Organigrama de los encargados del control de la calidad

El plan de control de la calidad, deberá poseer el organigrama del grupo que controlará la calidad del proyecto.

## **C. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN**

En este apartado deben mencionarse los procedimientos utilizados para construir todas y cada una de las capas que forman la estructura básica del pavimento. Dichos procedimientos deben ser los descritos en el punto 2.7 o enunciados en cualquier especificación válida para el proyecto.

## **D. METODOLOGÍA DEL PLAN DE CONTROL DE CALIDAD**

### D.1 Planteamiento general

En esta parte del documento, se presenta la metodología del plan para el control de calidad de los diversos aspectos, para el cual se han utilizado como base las especificaciones y normas mencionadas en el punto 2.3. Debido a la finalidad del trabajo, las ideas y conceptos expresados serán de aplicación específica a la fase de construcción de la estructura básica de un pavimento flexible de mezcla en caliente.

### D.2 Sistema aplicado al control de la calidad

Este punto consiste en detallar brevemente la organización del control de la calidad, el sistema de control de la calidad, el tipo y cantidad de mínima de ensayos necesarios.

## **E. COMUNICACIÓN DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

### E.1 Reuniones

Se especificarán las reuniones a llevarse a cabo en el proyecto, lugar de realización y fecha aproximada de las reuniones, además se definirán aspectos generales que se deben tratar en estas como, avance físico de la obra, problemas importantes, entre otros.

### E.2 Documentos e informes

En este punto se definen los documentos e informes que se utilizarán y presentarán en el proyecto, respectivamente. Además debe detallarse su contenido, forma de presentación y lugar de presentación.

## **F. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE LA CALIDAD**

### F.1 Aspectos a controlar en cada elemento de la estructura del pavimento.

Estos se definen en el punto 2.1.5 y deben ser inspeccionados y controlados en cada fase del proceso constructivo.

#### F.1.1 Formatos de control e inspección

Estos deber ser creados para brindar un mayor entendimiento de los resultados tanto de inspecciones como de ensayos.

#### F.1.2 Control de materiales

Esta actividad deberá realizarse basándose en el punto 2.6 del capítulo

#### F.1.3 Control de procedimientos de construcción

Esta actividad deberá realizarse en base al punto 2.7 del presente capítulo.

#### F.1.4 Consideraciones Climatológicas

Se evaluarán en base a las especificaciones correspondientes y apoyándose en el punto 2.8 del presente capítulo.

#### F.1.5 Maquinaria y equipo

El control de este aspecto debe establecerse con respecto a lo enunciado en el punto 2.5 del presente capítulo.

#### F.1.6 Verificación del producto terminado

Esta actividad deberá realizarse en base al punto 2.10 del presente capítulo.

### F.2 Procedimientos de obtención de la información

Debe establecerse por medio de procedimientos documentados, la manera en que se recolectará la información obtenida del control de la calidad

## **G. CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD**

### G.1 Establecimiento de las herramientas de análisis estadístico de los datos

Se debe establecer la utilización de las herramientas estadísticas apropiadas para el análisis de los datos, entre las que se pueden enunciar las citadas en el punto 2.4.3 y cualquier otra enunciada en diferentes documentos (acerca de la calidad) que puedan brindar resultados útiles para el análisis.

### G.2 Justificación de los métodos de control estadístico

Se debe justificar bajo información efectiva, la utilización de las herramientas propuestas para el análisis estadístico de los datos.

### G.3 Formas de presentación

La forma de su presentación se establecerá de acuerdo a las circunstancias de su empleo, estas pueden ser: escritas, digitales, gráficas, entre otras.

## **H. FUNCIONAMIENTO DE LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

El funcionamiento del laboratorio básicamente se limita a verificar las propiedades tanto de los materiales como de las mezclas a utilizar en la obra, ya sea en el campo como en el laboratorio que estará ubicado en el sitio de obra, por lo que para ello se contará con el equipo necesario, el procedimiento de aprobación de los materiales a utilizar y los procesos de construcción. Se deberá contar con las instalaciones y elementos adecuados para el buen funcionamiento del laboratorio, dentro de los cuales podemos mencionar las siguientes:

- Área de trabajo para realizar los ensayos correspondientes.
- Área de instalación de los equipos a utilizar
- Tarimas de almacenamiento de muestras según sea su clasificación.
- Pilas para saturación de especímenes
- Formularios para registros de ensayos, entre otros.

### H.1 Personal de laboratorio

En este punto debe establecerse el personal que laborará en el laboratorio de suelos y materiales, además de su organigrama, como lo mencionamos en el capítulo 2.11.

### H.2 Documentos necesarios

Aquí debe establecerse, la documentación necesaria para realizar y completar los trabajos de laboratorio. De todos los documentos que puedan tenerse en el laboratorio, los principales son las especificaciones y normas actualizadas, que son necesarias para realizar las actividades de muestreo y ensayo.

### H.3 Establecimiento de procedimientos de muestreo y almacenamiento

Los procedimientos de muestreos se establecen en las especificaciones de muestreo enunciadas en el punto 2.4.2.2. Y los tipos de muestreo existentes en el punto 2.4.2.1 del presente capítulo. De igual manera, el almacenamiento de los diferentes materiales se especifica en las normas indicadas en los puntos 2.4.2.2 y 2.6.

### H.4 Equipo utilizado

En este punto deben de mencionarse todos y cada uno de los equipos utilizados, además su frecuencia de calibración y mantenimiento.

### H.5 Seguridad en el laboratorio.

Se deben seguir las medidas de seguridad para aquellos ensayos que representen algún tipo de riesgo, y de esta manera poder llevar a cabo efectivamente las actividades. También se puede investigar más acerca de este punto en el MS-22 del manual series of the Asphalt Institute.

### H.6 Ensayos de laboratorio a realizar

Se deben mencionar mediante un listado, los ensayos que el laboratorio de la empresa puede realizar en el campo y los que se realizarán externamente.

### H.7 Procedimientos de documentación y registro

Deberán establecerse procedimientos escritos de documentación y registro para su aprobación. Además se debe evaluar la forma de almacenamiento de la información, el flujo y entrega de los documentos.

## **I. SEGURIDAD E HIGIENE EN EL PROYECTO**

### I.1 Propuesta de plan para operar con seguridad en el proyecto

Se debe redactar y presentar una propuesta de plan de seguridad en el proyecto, donde se deben abordar aspectos como: áreas con mayor peligro para el personal, formas de identificación de las áreas de mayor riesgo



(señalización), manejo del tráfico durante la construcción (si aplica), capacitación del personal acerca de la seguridad en el proyecto, entre otros.

### I.2 Propuesta de plan de higiene en el proyecto

Se debe redactar y presentar una propuesta de plan de higiene en el proyecto, esto con el fin de evitar la propensión de enfermedades y su difusión. Además se deben dar charlas informativas para educar al personal respecto a la higiene en el proyecto.

## **J. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

### J.1 Manejo de la información

En este punto deben definirse, los procedimientos de manejo de la información, por medio de documentos determinando:

- El flujo de estos
- Las personas que deben recibir, analizar y aprobar dicha información.

### J.2 Procedimientos propuestos para el tratamiento de no conformidades

Se propondrán y establecerán procedimientos para la identificación y análisis de no conformidades en el proyecto y su respectivo tratamiento. En el punto 2.12 se describe el procedimiento propuesto para el tratamiento de no conformidades y las acciones preventivas o correctivas que se deben implementar.

## **K. PROCEDIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO**

### K.1 Definición de la forma de almacenamiento de la información

Este es un aspecto de mucha importancia ya que, es importante conservar la información en forma ordenada y en buen estado para disponer de ella en el futuro.

## **L. IMPLEMENTACION Y VERIFICACION DE RESULTADOS DE AP Y/O AC**

### L.1 Establecimiento de procedimientos para la implementación y verificación del cumplimiento de acciones preventivas.

Estos procedimientos deben asegurar el cumplimiento y ejecución de acciones preventivas, con el propósito de mejorar la calidad del pavimento. Para la implementación se debe aplicar el procedimiento propuesto en el punto 2.12.1. Se puede optar por la inspección como un buen método de verificación de la realización de estas acciones; también se puede aplicar el muestreo de los parámetros que fueron afectados por la no-conformidad, para verificar su cumplimiento.

### L.2 Establecimiento de procedimientos para la implementación y verificación del cumplimiento de acciones correctivas.

Los procedimientos aplicados para asegurar el cumplimiento y ejecución de las acciones preventivas, deben perseguir el objetivo de mantener o mejorar la calidad del pavimento. Debe aplicarse el procedimiento para la implementación de acciones correctivas propuesto en el punto 2.12.2. Y se puede optar por la inspección como un buen método de verificación, ya sea esta esporádica o al cien por ciento.

*CAPITULO III*  
*ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD*

## 3.1 – INTRODUCCION

### 3.1.1 – *Supervisión como Industria*

La supervisión es considerada como una industria de servicios ya que estas brindan su conocimiento y capacidad; en este caso hablamos que dichas empresas prestan sus servicios para el desarrollo de los trabajos.

Algunos se preguntan como es posible que la supervisión sea una empresa que brinde servicios y no bienes, ya que estos utilizan equipo e influyen en la construcción. Pero la razón de esta realidad se debe a muchos factores tales como:

1. **Su intervención indirecta en la construcción de Pavimento (producto):** Ya que no tienen relación tangible con el método de construcción en este punto surge la mayor duda que es la toma de muestras y realización de pruebas en el campo. La respuesta a esta duda se encuentra en la misma acción ya que la toma de muestra y la realización de pruebas no es parte del método de construcción, si no, más bien del proceso de control de la calidad.
2. **Los resultados o productos que se obtienen de ella no son tangibles:** Esto a veces es muy discutido, ya que alguien puede opinar que los datos obtenidos y los documentos presentados si son tangibles; pero en esto hay que recordar, que los mismos solamente son conocimientos que se obtienen para poder tomar decisiones acerca de que hacer ante algún problema que pueda hacerse presente y no forman parte del pavimento una vez terminado.
3. **El origen del Contrato:** Esto es un punto que requiere mucha observación, ya que si se reflexiona a cerca del mismo se puede encontrar la respuesta a las preguntas del por qué es una empresa que genera bienes. Si le preguntamos a un Contratante, la razón y el objeto

del contrato de una empresa supervisora, el nos responderá que es su mano de obra y conocimiento acerca de la construcción (procesos, materiales, costos, entre otros), y propiedades del producto terminado, ya que ellos son los que evalúan la aceptación de los procesos implementados, la aprobación de los materiales a utilizar, los resultados de las pruebas de aceptación del producto terminado, entre otros.

Retomando los conceptos de control y aseguramiento de la calidad, expuestos en el primer capítulo del presente estudio, podemos decir lo siguiente:

La diferencia entre control y aseguramiento se puede observar en la aplicación; ya que el control define las actividades que se utilizan y desarrollan para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos para alcanzar un nivel de calidad determinado, en cambio el aseguramiento debe establecer la forma en que estas actividades deben interrelacionarse para brindar la seguridad en su cumplimiento. En resumen podemos decir que el control de la calidad debe estar incluido dentro del aseguramiento de la calidad. Esto demuestra que ambos, contratista y supervisión, deberían realizar control y aseguramiento de la calidad, aunque su intensidad sea diferente. Por este motivo se considera que en la actualidad el término “aseguramiento de la calidad” es erróneamente utilizado para designar a la supervisión o al representante del contratante en el proyecto.

### ***3.1.2 – Composición del aseguramiento de la calidad***

La modalidad en que se puede presentar el sistema de la calidad, es muy amplia y diversa, pero todas se basan en los conceptos expuestos durante la presente investigación y también en aquellos establecidos por las normas de calidad, a continuación se presentan los siguientes sistemas de la calidad:

1. El implementado actualmente en el país.
2. El expuesto en el Hot-Mix Asphalt Paving Handbook 2000.

En la actualidad, la implementación del sistema de calidad en un proyecto en ejecución realizado en el país (Figura 3 – 1), consta de 3 aspectos que son:

1. Control de la calidad: Es responsabilidad del contratista.
2. Aseguramiento de la calidad: Función realizada por el supervisor o el representante del contratante en el proyecto.
3. Auditoría de calidad: Es responsabilidad del contratante o de una institución subcontratada por el mismo, e independiente tanto del control como del aseguramiento de la calidad. Esta parte es opcional y depende de la institución que implementa el sistema de la calidad.

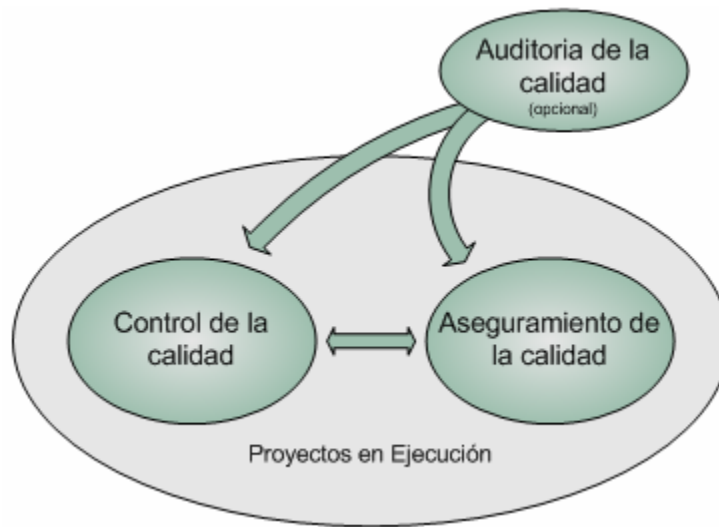


Figura 3 – 1

La figura muestra los aspectos de calidad, considerados en el sistema actual y su relación.

En cuanto a la definición de control y aseguramiento de la calidad, estas se muestran en el capítulo I de la presente investigación.

La definición de auditoría de calidad se muestra más adelante; pero debemos mencionar sus características, para el sistema actual:

1. Evaluaciones puntuales acerca de:
  - a. cumplimiento de especificaciones técnicas
  - b. programas de control y aseguramiento de calidad

- c. procesos constructivos en ejecución
- 2. Evaluaciones del laboratorio (supervisión-contratista):
  - a. instalaciones (area, localización, etc.)
  - b. equipo (cantidad, estado, calibración)
  - c. normas de ensayo (bibliografía)
  - d. procesos o métodos de ensayo
  - e. registros de ensayos y sus resultados
- 3. Realización de ensayos
- 4. Reuniones técnicas específicas
- 5. Elaboración de informes para el contratante.

De acuerdo al “Handbook 2000”; la “AASHTO” (American Association of State Highway and Transportation Officials) y la “FHWA” (Federal Highway Administration) definen al aseguramiento de la calidad, como: “todos esos planes y acciones sistemáticas necesarias para proporcionar la confianza que un producto o un servicio satisfará los requisitos especificados de la calidad”. La definición anterior considera que el aseguramiento de la calidad incluye y se divide en tres aspectos que son: control de la calidad, aseguramiento independiente y aceptación (Figura 3 – 2).

El aspecto denominado Control de la Calidad ha sido tratado con anterioridad. En lo que respecta a la Aceptación y el Aseguramiento Independiente, se muestra una definición de estos términos, a continuación:

Aceptación: “Conjunto de actividades realizadas para determinar si la calidad del material o de la construcción producida es o no aceptable con respecto a lo propuesto en las especificaciones”<sup>35</sup>.

Aseguramiento Independiente: “Herramienta de la gerencia que requiere terceros, no directamente responsables del control de la calidad o aceptación, que proporcionan un juicio objetivo del producto y/o de la confiabilidad de los

---

<sup>35</sup> Handbook Asphalt 2000

resultados de las pruebas obtenidas del control de la calidad y de las pruebas de aceptación”<sup>35</sup>.



Figura 3 – 2

La figura muestra los elementos del aseguramiento de la calidad; de esta manera podemos deducir que el control de la calidad es solamente una parte del aseguramiento de la calidad.<sup>36</sup>

Con lo mencionado anteriormente podemos observar dos aspectos importantes en el sistema planteado por la “AASHTO y la FWHA”, que son:

- El aseguramiento de la calidad, no es realizado en su totalidad, por una sola persona, empresa o institución.
- Además, no constituye un sistema separado e independiente del control de la calidad aplicado a un proceso, en el cual se puede basar un contratante para asegurar que un producto cumple o no, con los requisitos de calidad especificados.

Como resumen de este punto podemos decir que, actualmente en el país, el Aseguramiento de la Calidad, es aplicado en el desarrollo de una obra para garantizar el cumplimiento de los aspectos necesarios que permiten controlar

<sup>36</sup> Imagen obtenida y modificada del Handbook Asphalt 2000.



su calidad. En cambio el control de la calidad, es ejecutado por las empresas encargadas de la construcción de las obras, como una forma de autocontrol por medio del cual, se pretende concientizar a dichas empresas acerca de las deficiencias que poseen y la forma de disminuirlas, mediante la aplicación de controles. Dicho término es asociado con las empresas “contratistas” que realizan la construcción de las obras.

Basándonos en las ideas y conceptos planteados en el “**Handbook Asphalt 2000**”, podemos darnos cuenta que el entendimiento que se le ha dado al aseguramiento de la calidad en el país, es un poco diferente. Ya que el aseguramiento no se refiere solamente al trabajo ejercido por la supervisión, sino a la totalidad de las actividades necesarias para asegurar la calidad de una obra, ya sean estas por parte del contratista, como del contratante. De la misma manera, observando el planteamiento de aseguramiento de la calidad en este sistema podemos decir que la supervisión es una herramienta (empleada por el propietario de la obra) para realizar, la aceptación de la calidad.

En adelante, nos basaremos en las ideas contenidas en the handbook asphalt 2000, para el desarrollo del presente capítulo.

### ***3.1.3 – Aspecto del aseguramiento correspondiente a la supervisión.***

Si observamos de forma sencilla podemos darnos cuenta que cada elemento que compone el aseguramiento de la calidad, posee una administración diferente de los demás. Lo que quiere decir (de acuerdo a FHWA) que cada elemento del aseguramiento puede ser ejecutado por empresas o instituciones diferentes.

En el capítulo anterior, hablamos acerca del Control de la Calidad que es el aspecto del aseguramiento, que actualmente es desarrollado por el contratista.

En el presente capítulo, definiremos y trataremos el aspecto del aseguramiento de la calidad que es desarrollado por la supervisión. Según “the handbook asphalt 2000” es el aspecto denominado: **Aceptación de la calidad.**

En forma sencilla, podemos decir que la aceptación “es un procedimiento formal usado para decidir si el trabajo se debe aceptar, rechazar o aceptar en pago reducido”<sup>37</sup>.

La supervisión es la encargada de aceptar o rechazar un proceso, procedimiento, material, equipo, etc. determinando si cumple con los requisitos de la calidad establecidos. Pero debemos comprender que el trabajo de la supervisión, no es ejercer una forma de control de la calidad, sino más bien certificar la aprobación de los trabajos realizados por el contratista.

El trabajo de supervisión en las obras de construcción de pavimentos debe comprender, el desarrollo de algunas actividades, como las siguientes:

- Revisión de documentos.
- Reuniones con el contratista.
- Elaboración de documentos e informes relacionados con el proyecto.
- Toma de muestras (muestreo) y realización de ensayos.
- Inspección de obra en campo.
- Verificación de la calidad de las obras realizadas.

### ***3.1.4 – Personal encargado de la aceptación.***

Como todo trabajo o actividad, para que la supervisión pueda desarrollarse en su totalidad y con una completa seguridad, esta debe ser dirigida por personal capaz y con experiencia en proyectos de construcción de pavimentos flexibles.

El personal encargado de ejercer la aceptación de la calidad o la supervisión de un proyecto, tiene a su cargo la supervisión general de los trabajos. A su vez, y como en todo grupo, el personal encargado de la supervisión de un proyecto es dirigido por un ingeniero residente de supervisión.

---

<sup>37</sup> Freeman & Grogan, Estructura de la calidad, 1998

En cuanto al ingeniero residente de supervisión, esta persona debe poseer ciertas cualidades que le ayudarán en el desempeño de su labor; algunas de las cualidades más importantes son:

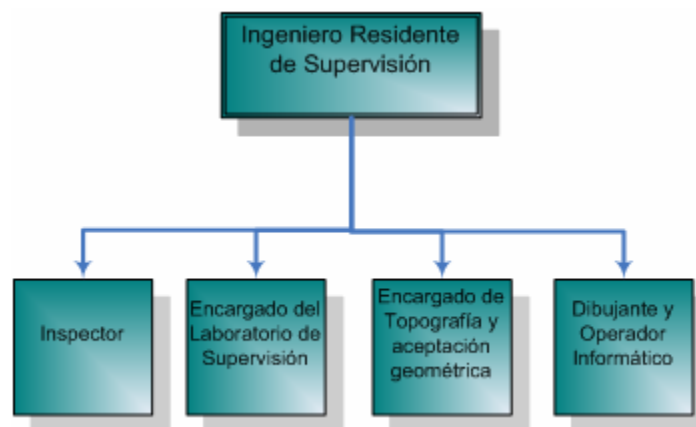
- Debe ser una persona con amplios conocimientos de los procesos empleados,
- Poseer un profundo sentido de responsabilidad y una moral firme,

El objetivo que debe perseguir el personal de supervisión, es hacer cumplir (en la medida de lo posible) las normas y especificaciones, designadas para el desarrollo de los trabajos en el proyecto.

Enmarcándonos en el desarrollo de este trabajo, podemos decir que, las actividades que el personal encargado de la aceptación de la calidad realiza empiezan desde el momento en que se da la **orden de inicio**, con la cual comienza el desarrollo de las actividades constructivas del proyecto de carreteras. Partiendo con la presentación de los planos de detalle de la estructura de pavimento y su consecutiva propuesta del método de construcción a emplear. Algunas de las funciones generales más importantes que debe realizar son las siguientes:

- Revisión de los planos de obra a utilizar (por el contratista) en las actividades de construcción y emisión de las observaciones y recomendaciones que sean necesarias para su consiguiente aprobación.
- Revisión y aprobación de los procedimientos a utilizar en el desarrollo de los métodos de construcción.
- Revisión de los métodos y actividades que se implementarán en el control de la calidad de las diferentes actividades.
- Organizar y distribuir tareas y responsabilidades dentro del personal a su cargo, de acuerdo a su capacidad y responsabilidad.
- Revisión de las normas y especificaciones empleadas en el proceso constructivo.

Hay que tener presente, que todo el personal encargado de la aceptación de la calidad, debe conocer las normas y especificaciones que rigen los ensayos que se utilizan para determinar las propiedades de los materiales que se están manipulando en el proceso constructivo. Ya que el desconocimiento de algunas de estas puede finalizar en la mala implementación de los procesos seguidos para la obtención de los resultados y de igual forma continuar en la obtención de resultados erróneos de las propiedades de dichos materiales, finalizando en la implementación y análisis equivoco de acciones preventivas o correctoras.



*Figura 3 – 3*

*Propuesta de organigrama del personal encargado de la aceptación de la calidad o supervisión; para el desarrollo en una obra de construcción de pavimentos. Sujeto a variación dependiendo de varios factores.*

Existe un personal mínimo necesario que debe apoyar al ingeniero residente de supervisión y con el cual debe contar para realizar el desarrollo de la totalidad de las actividades esenciales de aceptación de la calidad, un organigrama de dicho personal se puede observar en la figura 3 – 3. El ingeniero residente en conjunto con su personal pueden ser denominados: unidad de aceptación de la calidad o unidad de supervisión.

A continuación se menciona una descripción del personal que se propone debe auxiliar al supervisor residente y debe formar parte de la unidad de aceptación de la calidad:

➤ Inspector de Aceptación:

Tiene a su cargo la aceptación por inspección de los trabajos realizados, esto le confiere una gran responsabilidad en los fines y objetivos de lograr la obtención de un pavimento de calidad. Debe tener un conocimiento pleno del proyecto: planos, esquemas, resultados de ensayos, acuerdos con el contratista, entre otros; y de las actividades que en el se realizan. Además debe saber dar instrucciones precisas al personal del contratista y hacer cumplir las especificaciones técnicas en forma correcta. Debe realizar anotaciones diarias del trabajo desempeñado por el contratista. También debe ser muy observador con respecto a la seguridad del personal que trabaja en la obra y severo en que se cumplan lo establecido en el plan de seguridad e higiene industrial planteado por el contratista y las recomendaciones hechas por él, ante situaciones que denoten peligro al personal.

➤ Encargado del laboratorio de supervisión:

Debe ser una persona con experiencia en la inspección de laboratorios, conocimiento de especificaciones y normas utilizadas y de ensayos que se realizan durante la construcción de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente.

Debe poseer, planos de la vista en planta del proyecto para ubicar en ellos, los diferentes puntos de muestreo que se realizarán en las capas del pavimento:

➤ Topografía y aceptación geométrica:

Es preciso que conozca las técnicas utilizadas para realizar las diferentes mediciones, necesarias para el desarrollo de las actividades. Además de las tolerancias permisibles descritas en las especificaciones del proyecto.

Debe poseer una copia de todos los planos topográficos utilizados en el proyecto.

➤ Dibujante y operador informático:

Es la persona encargada de manejar la información relacionada con los planos proporcionados por el contratista; también es el encargado de manipular la información brindada y generada en forma digital.

### ***3.1.5 – Plan de Contraste para Aceptación de la Calidad.***

Definir y administrar los lineamientos para aceptación de la calidad es de suma importancia, ya que la supervisión debe estar presente desde el inicio de las actividades de la construcción, para evaluar el correcto desarrollo de las mismas. Si nos enmarcamos en el proceso constructivo podemos decir que la responsabilidad comienza desde el momento en que se define el proceso a emplear, esto es antes del inicio de la obra, y se continúa durante el desarrollo del proceso, finalizando en la recepción final de la obra.

Al igual que el contratista; la supervisión debe generar un documento que refleje la forma en que esta actuará durante el desarrollo de las actividades, basándonos en lo mencionado en el punto 2.1.3.2 del capítulo anterior, y observando las ventajas de los planes mostrados; se establece que en el presente capítulo se elaborará un Plan de Contraste.

Citando nuevamente lo mencionado en el capítulo anterior podemos decir que un Plan de Contraste: se basa en admitir por parte del cliente, como válidos los controles del productor y exigirle a éste su entrega, para establecer puntos de inspección. Evidentemente esta posibilidad es singular en cuanto supone contar con la total colaboración, voluntaria o impuesta, del constructor o productor para acceder a sus ensayos de control de producción y para aplicar controles alternativos o de contraste en puntos intermedios del proceso productivo.

En el caso del plan de contraste, este se encuentra orientado a las actividades principales del personal de supervisión y su forma de desarrollo; estas son: La realización de ensayos, la inspección y la topografía y geometría del proyecto. Por medio de las cuales se intenta controlar la calidad del pavimento producido y las actividades desarrolladas por el contratista.

### ***3.1.6 – Aseguramiento independiente.***

El aseguramiento independiente es el último aspecto componente del aseguramiento de la calidad, planteado por la “FHWA”, este consiste básicamente en la verificación por una tercera parte (no directamente responsable del control de calidad o aceptación), del producto y/o la confiabilidad de los resultados de la prueba obtenidos de la prueba del control de calidad y de aceptación.

El objetivo del aseguramiento independiente de la calidad es:

1. Asegurar que los resultados de la prueba de aceptación son exactos y proporcionan una base justa y equitativa para la aceptación de la construcción.
2. Verificar que las pruebas de control de la calidad son exactas y que de esta manera indicarán correctamente la calidad del proceso.

### ***3.1.7 – Auditoria de la Calidad.***

La auditoria es un elemento básico muy importante en cualquier sistema. Y el sistema de calidad no puede ser la excepción, ya que la auditoria de la calidad es aplicada para verificar que todas las actividades que afectan a la calidad se están llevando a cabo bajo los procedimientos o controles trazados (de acuerdo a lo planeado); en resumen es la encargada de velar que el sistema propuesto para la aceptación y control de la calidad se cumpla de acuerdo a lo propuesto tanto por la supervisión como por el contratista respectivamente.

Se define a la “auditoria de la calidad” como:

“Un 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 además si son adecuadas para alcanzar los objetivos”<sup>38</sup>.

Como todo trabajo realizado, la auditoria de la calidad tiene objetivos, los cuales se mencionan a continuación:

1. Comprobar el ajuste del sistema de calidad de acuerdo a una norma (ISO 9000) o documento que establezca los parámetros y forma de aplicación de dicho sistema (Documentos o términos del contrato).
2. Comprobar que las actuaciones de todo el personal están de acuerdo con lo documentado.
3. Calibrar la eficacia de los procesos para alcanzar los objetivos de la empresa.
4. Buscar la mejora continua proponiendo acciones preventivas y correctoras. Y en algunos casos cambiar los procedimientos previstos según las conclusiones extraídas, logrando de esta manera un grado de mejora en la calidad.
5. Evaluar la capacidad de un proveedor (Auditoria externa).

Algunas de las ideas importantes acerca de la auditoria de la calidad son las siguientes:

- La auditoria no debe ser un “juicio” a los trabajadores.
- No debe ser un arma exclusiva del encargado de la misma para desquitarse del personal.
- La auditoria es el esfuerzo que deben pagar todos los trabajadores antes de recibir un beneficio común; que es un sistema de calidad a la medida de todos los trabajadores de la empresa.

En resumen podemos decir que la auditoria de la calidad, debe observar el sistema de calidad implementado en su totalidad para evaluarlo de acuerdo a

---

<sup>38</sup> Norma Mexicana, NMX – CC – 1, 1993.



normas, las cuales debe conocer muy bien. Además debe brindar observaciones con objetivo a mejorar dicho sistema.

Hay dos tipos de auditoria de calidad de acuerdo a la persona o institución que desarrolla dicha auditoria, estas pueden ser:

**Auditorias internas:** Es aquella auditoria que es efectuada al sistema de la calidad implantado en una organización o proyecto, y que es realizado internamente por un grupo de personas que se encuentran bajo control directo de la misma organización.

**Auditorias externas:** Es aquella auditoria efectuada a un sistema de la calidad implantado en una organización o proyecto; y realizada por un grupo de personas ajeno a dicha empresa u organización.

Independientemente del tipo de auditoria que se realice, la persona encargada de su ejecución debe poseer ciertas características deseables, para poder desarrollarla sin ningún problema. Algunas de las principales que podemos mencionar son:

- Flexible en su manera de pensar (Mente abierta): esta es la capacidad para aceptar recomendaciones o ideas brindadas por las demás personas y también para aceptar sus propios errores.
- Diplomático: debe saber comunicarse con las personas de manera tranquila y amistosa sin utilizar palabras ofensivas.
- Imparcial: su visión no debe ser alterada de manera alguna, tratando de dar preferencia a un enfoque determinado. Esto para efectuar el proceso de auditoria sin desviaciones debidas a distracciones.
- Incorruptible: debe poseer el valor de no aceptar algún tipo de soborno o chantaje.
- Honesto: capaz de expresar la verdad en cualquier situación ya sea buena o mala.
- Paciente: capacidad para escuchar a los demás y afrontar los problemas sin alterarse.

- Claridad de expresión: debe ser capaz de dar a entender sus ideas en forma clara y precisa sin mucha redundancia en las palabras.
- Capacidad de comunicación: debe tener facilidad de comunicación con cualquier persona, sin importar su cargo o condición.
- Tener interés: debe poseer cierto agrado por la investigación ya sea de las causas de los problemas, manera de afrontarlos y el desarrollo de los trabajos.
- Capacidad de conclusión: debe concluir de manera aceptable, basándose en las observaciones de la auditoria.

Además, un aspecto muy importante del personal es su entrenamiento y experiencia, la cual le permita asegurar las habilidades necesarias para efectuar auditorias. Este debe permitir el desarrollo de las siguientes capacidades:

- a) Conocimiento y comprensión de las normas contra las cuales pueden realizarse las auditorias a sistemas de calidad.
- b) Técnicas de evaluación de exámenes, cuestionamientos, evaluaciones e informes.
- c) Habilidades adicionales requeridas para administrar una auditoria, tales como planeación, organización, comunicación y dirección.

Se recomienda como mínimo 2 años de experiencia adecuada en el área de la calidad, en proyectos (sin incluir el entrenamiento) de los cuales debe haber desempeñado el cargo de supervisor un año, en el desarrollo de proyectos carreteros.

## **3.2 – DESCRIPCION DEL PRODUCTO**

Desde el punto de vista de la supervisión, la idea de la construcción de una vía de comunicación puede ser concebida como una obra que debe cumplir con todas las especificaciones propuestas por el propietario, plasmadas en especificaciones generales y específicas del proyecto en cuestión. Todo lo anterior basado en resultados, los que se obtienen mediante pruebas realizadas en el campo para efectos de credibilidad y llevadas a cabo bajo normas que especifican su desarrollo; en pocas palabras para una empresa encargada de la inspección de una obra (supervisión), un pavimento debe ser una estructura que debe cumplir con todas las normas y especificaciones que la rigen, desempeñando la función para la cual ha sido creada, la cual es brindar comodidad, seguridad y resistencia establecidas en el diseño de la vía y consideradas para el tiempo estipulado (vida útil del pavimento).

Es importante tener presente el enfoque con que la supervisión debe observar el proceso de construcción de un pavimento, ya que este debe influir lo menos posible en su desarrollo, y solamente cuando sea necesario. Esto con el fin de evitar problemas directos con el contratista. Además la supervisión se basa en los requisitos expuestos por el cliente.

Con respecto a la estructura física de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente, esta ya se explico en el capítulo anterior.

### ***3.2.1 – Requisitos del Cliente***

Hay tres aspectos importantes en la construcción de una carretera y sobre los cuales se basa la calidad de un proyecto en su totalidad. Lo que significa que para obtener la calidad de un proyecto se necesita cumplir estos 3 aspectos:

1. El deseo del cliente.
2. La calidad programada.
3. La calidad conseguida.

Fabricando un gráfico comparativo (figura 3 – 4) acerca de la interacción de los aspectos mencionados anteriormente observamos que es sumamente importante para el sector de la construcción poder tener claridad sobre las diferencias entre los tres conjuntos mostrados. A continuación se muestra un pequeño análisis de la interacción de estos aspectos (tomando la figura 3 – 4 como referencia):

**Deseo del cliente:** es el conjunto que esta caracterizado por todas aquellas necesidades implícitas o explícitas del cliente, y que expresan sus deseos. Si se toma como ejemplo el caso de las carreteras, tales deseos representarían los gustos del cliente en cuanto al alineamiento horizontal, alineamiento vertical, número de carriles, tipo de carpeta de rodadura, facilidades de la carretera que desearía el cliente entre otros. El arte del diseñador será justamente capturar tales necesidades, no hacerlo desde ya, representara una falla en cuanto a calidad en la labor de tales profesionales.

**Calidad programada:** esta representada por la calidad implícita y explícita descrita en los documentos del proyecto y el expediente técnico, lo cual es resultado del desarrollo del mismo. Si existen diferencias entre el deseo del cliente y la calidad programada entonces se generara la región 7. Es aquí donde se inician los problemas de calidad, por que de antemano no se podrá lograr la plena satisfacción del cliente, ya que desde su nacimiento el proyecto no expresa el deseo del cliente.

**Calidad conseguida:** es el grado de calidad de la obra terminada y como lo hemos mencionado anteriormente depende de la forma en que actúen el personal de la empresa constructora (ya que este es el que le proporciona la calidad a la obra) y además de la capacidad que posea el personal de la empresa supervisora de hacer cumplir los requisitos de la calidad establecidos. Pero que pasa, sí desde el inicio el proyecto no expresa el deseo del cliente, existirá un mayor riesgo de que la obra no logre satisfacer los deseos del

cliente y es mas, la misma ejecución del desarrollo de la obra provocara obtener una mayor brecha es decir, se generara la región 3.

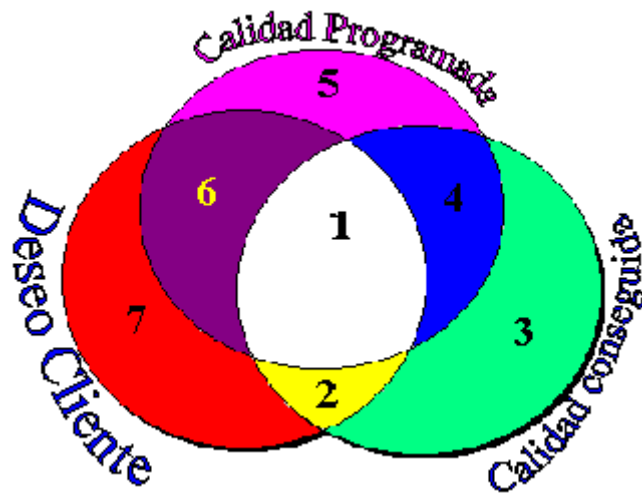


Figura 3 – 4

*Diferencias entre el deseo del cliente, la calidad programada, y la calidad conseguida.*

El objetivo es lograr un perfecto equilibrio entre estos 3 factores anteriores para lograr la calidad total del producto.

### 3.3 – NORMAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS

Los términos y definiciones utilizados por la supervisión para la comprensión de las normas y especificaciones utilizadas en la construcción de una vía de comunicación, son iguales a las utilizadas por el contratista, estas han sido señaladas en el capítulo anterior. Al igual que su nomenclatura, que ha sido tratada anteriormente.

Las normas y especificaciones en las cuales están basados los estudios y ejecuciones de los proyectos que se llevan a cabo en el territorio salvadoreño son las siguientes:

**Especificaciones:**

Especificaciones para la construcción de Carreteras y Puentes Regionales (de la Secretaría de Integración Económica Centro Americana: SIECA).

Especificaciones normalizadas para la construcción de caminos y puentes en proyectos federales de carreteras “FP” (Standard Specifications for construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects).

Sociedad Americana para ensayos y materiales; por sus siglas en inglés ASTM (American Society for Testing and Materials).

Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales para el Transporte; por sus siglas en inglés AASTHO (American Association of State Highway and Transport Official).

**Normas:**

Sociedad Americana para ensayos y materiales; por sus siglas en inglés ASTM (American Society for Testing and Materials).

Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales para el Transporte; por sus siglas en inglés AASTHO (American Association of State Highway and Transport Official).

En el área de la construcción, enfocándonos especialmente en el término “calidad”, se ha observado la introducción de nuevas normativas denominadas:

“Normas de la ISO<sup>39</sup>”, dichas normas no son de aplicación directa en el proceso constructivo; sino más bien son definiciones y lineamientos dirigidos especialmente al análisis, establecimiento y desarrollo de los nuevos términos en relación a la calidad. Su aplicación y uso ha sido más evidente en el área de la industria manufacturera de bienes. La primera serie de normas de este tipo, fue la denominada norma BS 5750<sup>40</sup>, utilizada en el Reino Unido, su origen deriva de la necesidad de confirmar la calidad de los productos militares. Cuando la aplicación de los conceptos básicos se extendió a la demás parte de la industria, surgió un aumento en la demanda de los bienes y servicios. Esto provocó en 1979 el establecimiento de la BS 5750. En la actualidad, aún se utilizan las normas BS 5750, y son aceptadas ya que las normas ISO 9000 fueron modeladas sobre estas. Pero no solamente existen estas dos normas para la calidad, hay otras que han sido desarrolladas e implementadas, entre las que podemos mencionar las siguientes:

TABLA: 3 – 1

Nomenclatura de las diferentes normativas de la calidad.

País	Especificaciones para diseño/ desarrollo, Producción, instalación y servicio	Especificaciones para producción e instalación	Especificaciones para inspección final y pruebas
Australia	AS 3901	AS 3902	AS 3903
Bélgica	NBN X 50-003	NBN X 50-004	NBN X 50-005
China	GB/T 10300.2-88	GB/T 10300.3-88	GB/T 10300.4-88
Dinamarca	DS/EN 29001	DS/EN 29002	DS/EN 29003
Francia	NF X 50-131	NF X 50-132	NF X 50-133
Alemania	DIN ISO 9001	DIN ISO 9002	DIN ISO 9003
Holanda	NEN-ISO 9001	NEN-ISO 9002	NEN-ISO 9003
India	IS: 10201 Parte 4	IS: 10201 Parte 5	IS: 10201 Parte 6
Italia	UNI/EW 29001-1987	UNI/EW 29002-1987	UNI/EW 29003-1987
España	UNE 66 901	UNE 66 902	UNE 66 903
Estados Unidos	ANS/ASQC 091	ANS/ASQC 092	ANS/ASQC 093
Rusia	40.9001-88	40.9002-88	
Comunidad Europea	EN 29001	EN 29002	EN 29003

Fuente: Normas de la Calidad, Alexander Doñan, Buenos Aires Argentina, 2001

<sup>39</sup> International Standard Organization (Organización Internacional de Normalización)

<sup>40</sup> Normas Británicas (British Standard 5750)

Si se considera a la supervisión como una entidad que certifica la calidad que brinda un contratista, es de suponer que debe manejar además de las normas establecidas para el control de la calidad del proceso, las normas de establecimiento de la calidad o normas ISO, y de esta manera poder evaluar el sistema de calidad empleado por el contratista.

Haciendo una analogía de lo que significan las normas y especificaciones su conocimiento y aplicación, para la supervisión podemos decir:

“De igual forma que el conocimiento de los materiales, métodos, maquinaria y equipo y la percepción de su calidad, aportan la base de los trabajos realizados por el contratista; de la misma manera, el conocimiento de las especificaciones y su aplicación, aportan la base para la ejecución de los trabajos que realiza la supervisión”.



### 3.4 – LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

Como pudimos observar en el capítulo anterior el laboratorio de suelos y materiales es un lugar de suma importancia para el desarrollo del trabajo realizado por el contratista; de igual manera para la supervisión, también representa una herramienta indispensable. Pero a diferencia del contratista; este es el único lugar donde la supervisión realiza trabajo físico directamente relacionado con la construcción.

Aunque a simple vista se observe que no hay diferencia en el trabajo que realiza el laboratorista de supervisión con respecto al personal de laboratorio que posee el contratista; esto no es verdad, ya que el primero desarrolla ciertas funciones adicionales:

Una de las funciones es que además de estudiar las propiedades de los materiales o elementos, este confirma o verifica los resultados obtenidos por el contratista, ya que los ensayos que este realiza, tienen la función de contrastar con los resultados proporcionados con el contratista, aceptándolos o rechazándolos; razón por la cual se les denomina **ensayos de aceptación**; también existe una diferencia en cuanto a cantidad, ya que el número de ensayos que realiza supervisión es menor al realizado por el laboratorio del contratista, generalmente la cantidad mínima de los ensayos elaborados por la supervisión se encuentran entre un 3 y un 15% de la cantidad de ensayos que debe realizar el contratista en todas las áreas (Anexo 3 – 1). Pero aunque la cantidad de ensayos realizados por la supervisión sea menor, no significa que el procedimiento empleado para su realización sea diferente, razón por la cual el encargado del laboratorio de la supervisión al igual que el encargado del laboratorio del contratista debe conocer a la perfección todas y cada una de las pruebas realizadas durante la construcción de un pavimento flexible.

Otra función importante es la **evaluación del laboratorio del contratista** que debe realizar la supervisión.

Otra función importante es la comprobación del **conocimiento y experiencia que posee el personal del contratista** con respecto al desarrollo de las pruebas, a ser utilizadas durante el proyecto.

En cuanto al trabajo relacionado con la ejecución de los ensayos realizados en el laboratorio de la supervisión podemos considerar que es afectado por las mismas variables, que afectan al trabajo realizado por el laboratorio del contratista y que además desarrollan el mismo procedimiento, esto supone que se hace innecesario hablar de ello en este punto considerando que ya ha sido tratado en el capítulo anterior.

Realizando un estudio más profundo en este punto, se tratarán los aspectos mencionados anteriormente, a continuación:

### ***3.4.1 – Ensayos de aceptación***

Como método para definir el cumplimiento de los requisitos con respecto a la aceptación o rechazo de los resultados de ensayos de laboratorio obtenidos por el contratista se debe establecer, por parte del Supervisor, un plan de ensayos utilizados para comparar o contrastar con los ensayos realizados por la empresa constructora; este plan debe poseer los siguientes aspectos:

- Establecimiento de parámetros para definir el nivel de calidad.
- Indicación de los ensayos a realizar, su interpretación para comprobación y las normas utilizadas para su desarrollo.

El primer punto consiste, en el establecimiento de los requerimientos definidos en el diseño y especificaciones del proyecto, de tal forma que se puedan determinar todas las exigencias que se deben cumplir en los materiales y procesos utilizados durante la construcción.

La segunda parte, corresponde al establecimiento de los ensayos a realizar y el tamaño apropiado de la muestra, su interpretación y los límites de especificaciones compatibles con el criterio de control fijado.

El plan de Ensayos de Contraste debe contener, como mínimo, lo siguiente:

- ☑ Tipo de muestreo: el tipo de muestreo ha sido discutido en el capítulo anterior.
- ☑ Intensidad de muestreo: la intensidad se ha mencionado anteriormente en este punto, estableciendo un mínimo de ensayos a realizar generalmente entre 3 – 15% de la cantidad de ensayos realizados por el contratista.
- ☑ Tipo de ensayos previsto a ejecutar: estos deben ser los mismos que los realizados por el contratista, sin que esto limite la realización de cualquier otro ensayo que pueda brindar información que ayude en la toma de decisiones, y mejorar así la calidad obtenida en las obras.
- ☑ Establecimiento de parámetros de Aceptación: estos deben indicar los niveles de la calidad a ser alcanzados y mediante los cuales se puede comparar en el caso de obtener resultados no satisfactorios, que generan de esta manera no conformidades.

### **3.4.2 – Evaluación del laboratorio del contratista**

Hay que tener muy claro que el objetivo principal de la supervisión es observar e inspeccionar el trabajo que realiza el contratista para garantizar el buen desarrollo de los trabajos. Para esto debemos tener en cuenta que existen aspectos importantes se deben observar al momento de realizar la evaluación del laboratorio del contratista; estos aspectos son los siguientes:

- El área designada para el desarrollo de las actividades del laboratorio
- Revisión de los documentos (normas y especificaciones) que deben encontrarse en el laboratorio del contratista.
- Verificación de la calibración de los equipos utilizados para el desarrollo de las pruebas.

### **3.4.3 – Aspectos que debe evaluar el supervisor**

Para verificar el conocimiento y la experiencia que posee el personal de laboratorio del contratista, el supervisor no se debe conformar en observar solamente la hoja de vida de los involucrados, sino también se debe observar su forma de ejecutar las actividades durante los trabajos correspondientes. Sin descartar la posibilidad de evaluar, escrita o verbalmente, los conocimientos o el manejo de las normas y especificaciones, las cuales le sirven de guía.

El criterio que posee un laboratorista del contratista, de acuerdo a la experiencia también debe evaluarse u observarse al momento de realizar los trabajos, solicitados durante el proyecto.

En general y para finalizar podemos decir, que la aceptación de los trabajos ejecutados en el laboratorio del contratista, por parte de supervisión se realiza de dos maneras:

- ☑ La primera es la inspección directa en el laboratorio del contratista de los trabajos realizados, las cartas de calibración de los equipos, entre otros.
- ☑ La segunda es por medio de la comparación de resultados obtenidos con pruebas realizadas tanto por el contratista como por la supervisión.

Ambas alternativas se aplican para la evaluación y aceptación de los trabajos realizados por el laboratorio del contratista.

### **3.5 – INSPECCION DE OBRA**

Este es uno de los aspectos más importantes (sino el más importante) en los que se basa el control ejercido por la supervisión hoy en día, ya que al hacerse presente en el lugar donde se realiza el trabajo, infunde seguridad que la obra se esta realizando bajo las especificaciones requeridas por el propietario.

La inspección es una actividad que se conduce para verificar que el producto o proceso es conforme con los requisitos especificados para su realización. El encargado de su realización es denominado “Inspector de supervisión” o como le denominaremos en adelante “Inspector de aceptación”.

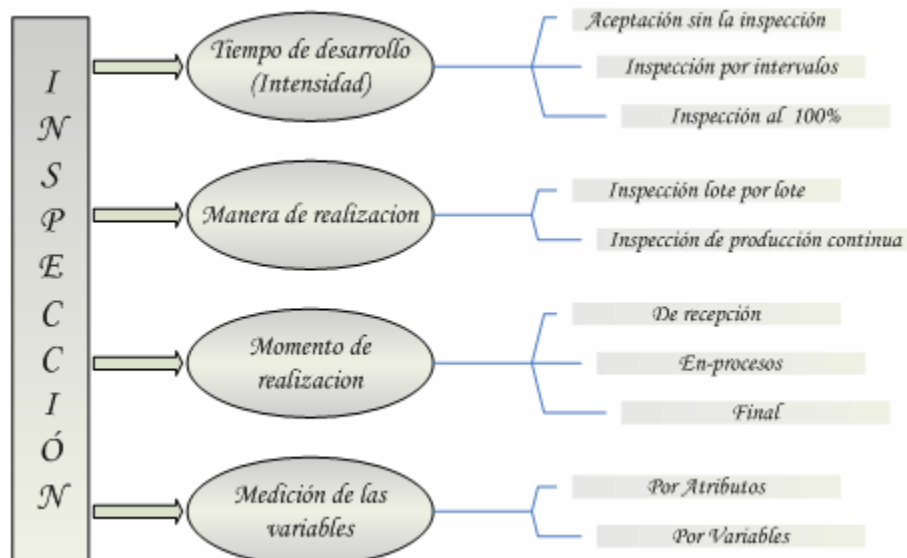
La misión del inspector de aceptación es observar y evaluar los aspectos necesarios para verificar que la obra se realice de la mejor forma posible (ver anexo 3 – 2), comprobando que las distintas partes del proceso se ejecuten de acuerdo con las especificaciones, para evitar errores observables y vicios ocultos. De aquí que los deberes diarios del inspector aumentan con forme va aumentando la calidad del producto. Y varían a través de los diferentes trabajos que deben realizar.

Un inspector debe poseer ciertos conocimientos y aptitudes para poder desarrollar su trabajo, entre los que podemos mencionar: conocimientos del manejo de los equipos que se utilizan en el desarrollo de los trabajos, manejo de equipos informáticos, habilidades para las matemáticas y probabilidad, aptitudes para la comunicación, además de poseer buenos oídos, manos y ojos para la coordinación y visión.

Existen diferentes características que posee una inspección y mediante las cuales se puede clasificar (Ver figura 3 – 5); dichas características se muestran a continuación:

- Tiempo de desarrollo (Intensidad): Es el tiempo que se invierte para realizar la actividad de inspección.

- **Manera de realización:** Se refiere a la forma en que se realiza la inspección, con respecto al proceso en ejecución.
- **Momento de realización:** Se refiere al instante en el proceso cuando se realiza la inspección.
- **Medición de las variables:** Hace referencia a forma de evaluar las características de las variables en estudio, con respecto a una escala de medición.



*Figura 3 – 5  
Tipos de inspección de aceptación y su clasificación.*

De acuerdo al tiempo que se invierte para su ejecución. La inspección se puede clasificar de la siguiente manera:

- Aceptación sin inspección.
- Inspección por intervalos o momentánea (muestreo de aceptación).
- Inspección al 100%.

Se acepta sin inspección generalmente cuando no hay justificación económica para buscar unidades defectuosas o material.

La inspección momentánea, es la que se lleva a cabo en intervalos de tiempo, o en determinados momentos durante la realización de una actividad de importancia en un proceso, se utiliza habitualmente cuando un porcentaje finito de material defectuoso es aceptable o no es económicamente práctico utilizar el 100% de la inspección. Generalmente este tipo de inspección es generalmente aplicada a aquellas actividades que poseen un bajo nivel de importancia en el proceso. Como lo son: la colocación y conformación de la sub-base, entre otras.

En cuanto a la inspección al 100 %, nos referimos a la implementación de la inspección durante todo el tiempo que permanezca la realización de una actividad, razón por la cual, es importante considerar el gasto económico, para la realización de este tipo de muestreo. Este tipo de inspección es implementado donde los componentes y materiales son extremadamente críticos o en actividades cruciales que posee elevada importancia para el desarrollo de la obra; donde si se dejar pasar cualquier componente defectuoso resultaría en una falla inaceptable. Por ejemplo, en la colocación de la carpeta asfáltica, donde es imprescindible observar el desarrollo completo del proceso, el comportamiento de las variables y el cumplimiento con las especificaciones.

Refiriéndonos a la manera en que se ejecuta la inspección. Esta se puede clasificar como se muestra a continuación:

- Inspección lote por lote.
- Inspección de producción continua.

La inspección lote a lote, debe su nombre a que su desarrollo se centra específicamente en la inspección de las variables de los elementos, cuando dichos elementos están aglomerados en lotes o grupos. Como hemos mencionado en el capítulo anterior, la definición de un lote, depende de mucho factores razón por la cual, su definición no es específica o normalizada.

La inspección continua, es aquella que se lleva a cabo a lo largo del desarrollo de todo o cierta parte del proceso, observando la totalidad de los aspectos para el progreso del mismo. Este tipo de inspección se aplica cuando no existe manera alguna para formar los lotes para su inspección o cuando por su proceso es imposible la existencia de lotes.

De acuerdo al momento del proceso en que se ejecuta, la inspección puede ser:

- Inspección y prueba de recepción.
- Inspección y prueba de en-procesos.
- Inspección y prueba final.

Todo material comprado para ser utilizado en la fabricación o preparación para el inicio de actividades, debe estar conforme a la inspección y/o a la prueba de inspección de recepción. En este caso se deben verificar y comprobar aspectos como cantidad de unidades, daños que posean las unidades entregadas, entre otros. Se recomienda que la inspección de recepción se realice en el lugar de fabricación de los componentes o materiales y no en el lugar de la obra, ya que puede hacerse una inspección más completa en estos lugares. Además, se debe determinar el grado y el alcance de la inspección de recepción, basados en la importancia del material inspeccionado.

La inspección y prueba de en-procesos se realiza para asegurarse que el proceso, producto, maquinaria y/o personal utilizado en el desarrollo de la actividades, es conforme con los requisitos especificados. En este tipo de inspección a su vez pueden realizarse muestreos para comprobar la calidad de los materiales que se encuentran listos para su utilización o puesta en obra. También se debe determinar el grado y el alcance de la inspección de en-proceso, de acuerdo a la importancia del material de los métodos de construcción y del elemento a construir.

Para la aceptación de los productos terminados, se utiliza la inspección y prueba final. Esto incluye una verificación de la recepción satisfactoria y en-



proceso, así como la terminación de las restantes inspecciones y pruebas para asegurar que los productos y/o procesos acabados se conforman con los requisitos especificados.

De acuerdo a la forma de medir la variabilidad de las características de los elementos en estudio, la inspección se puede dividir de la siguiente manera:

- Inspección por atributos.
- Inspección por variables.

La inspección por atributos, de las características de los elementos, toma en cuenta la medición de estas por medio de cualidades, las cuales se acoplan a una escala para medir el grado de calidad alcanzado con respecto al nivel de calidad deseado. Un ejemplo de este tipo de medición es la clasificación de los tipos de suelos. En cuanto a la inspección por variables, toma en cuenta la medición de las características de la calidad por medio de una escala de valores ya sean continuos o discontinuos. De ambos tipos de inspección, la más utilizada es generalmente la inspección por variables debido a su variabilidad de aplicaciones.

Todo lo anterior, engloba los diferentes tipos de inspección que se pueden implementar en el desarrollo y construcción de una de ingeniería civil.

Hoy en día, comúnmente, se implementa lo que se conoce como **inspección rectificadora**, la cual consiste en realizar una inspección y un muestreo con la finalidad de identificar los problemas o elementos que no cumplen con las especificaciones, para luego corregir o eliminar dichos problemas. Logrando de esta manera alcanzar cierto nivel de calidad aceptable, modificando la calidad final alcanzada de forma natural (afectada por la variables que influyen el proceso) del producto generado. Pero, además existe otra forma de inspección, por su influencia en la calidad, denominada: **Inspección de aceptación o verificadora**, de las propiedades y características de los objetos en estudio. Por lo general este tipo de inspección se realiza al inicio de un proceso para tratar de aminorar la variabilidad presentada en este punto,

evitando trabajar con elementos de mala calidad desde el inicio del trabajo, como por ejemplo: materiales que no cumplen con especificaciones, maquinaria defectuosa, personal sin experiencia, entre otros.

Si podemos observar, la inspección rectificadora no es muy recomendada ya que indirectamente, el personal del contratista, se confía en que los problemas generados durante el proceso se pueden arreglar (remediar) al final; con lo que no se esfuerzan por realizar las actividades de buena forma, desde el inicio.

Una inspección puede ser clasificada basándonos en las características que posee, como se mencionó anteriormente. Además esta debe ser nombrada de acuerdo a los tipos de características con los que cumple, recordando que los tipos son excluyentes, más no sus características por ejemplo: una inspección que se lleva a cabo durante todo el tiempo que se realiza una actividad y en lotes definidos del mismo es una inspección lote por lote realizada al 100%, pero no podemos decir que la inspección lote por lote es realizada al 100% y muestral a la vez.

### **3.5.1 – Equipo**

Los inspectores, deben auxiliarse en herramientas que ayuden a la realización de su trabajo; dichas herramientas pueden ser tanto, aparatos o equipos destinados a la comprobación inmediata de las características en estudio, formas de actuar ante determinadas situaciones, así como documentos utilizados para certificar, comprobar o registrar los resultados de la inspección.

A continuación se discuten o mencionan cada una de las herramientas mencionadas anteriormente:

Un elemento que influye en gran manera en la inspección es el equipo o aparatos que utiliza el inspector de la aceptación de la calidad para realizar su trabajo. Existen diferentes tipos, entre los que podemos mencionar:

Los utilizados para medir o cuantificar características como: peso, textura, fuerza, u otras características físicas del material. Como por ejemplo: balanzas,

termómetros, densímetros, estación total, incluso la extendidora de asfalto puede ser utilizada para verificar el cumplimiento con las especificaciones, entre otros.

Otros son los utilizados para verificar el funcionamiento del producto o maquinaria. Entre los que podemos mencionar: equipo de CBR, equipo deflectómetro de carga instantánea, incluso la compactadora puede ser utilizada para verificar el funcionamiento del pavimento con respecto a la estabilidad o capacidad de soporte entre otros. Y además existen los equipos utilizados para guardar la información obtenida (datos) en forma digital, pudiendo de esta manera realizar análisis, ya sea estadísticos (graficas, correlaciones, entre otros) o de comparación, de dicha información. Logrando en cierta medida, en base a los resultados, una mejora de la calidad del producto.

### ***3.5.2 – Formas de inspección***

A medida que un inspector realiza su trabajo a lo largo del proceso de construcción se ve en la necesidad de utilizar diferentes maneras de realizar la inspección, a veces basándose, además de la experiencia, en características propias de los materiales que son perceptibles a los sentidos comprobando por medio de vista, sonidos, olores incluso sensaciones para detectar fallas o no conformidades tales como: agrietamientos, exceso de humedad, hundimientos, imperfecciones en las juntas de construcción.

Pero para esto debe conocer a fondo las especificaciones técnicas que rigen las características de los materiales y los procedimientos de trabajo empleados en la construcción de un pavimento flexible, en este caso debe conocer como mínimo las especificaciones generales que se abordaron en el capítulo anterior, con respecto a todos y cada uno de los aspectos que influyen el variabilidad del proceso constructivo y por consecuencia en su calidad.

### **3.5.3 – Documentos**

Los documentos son una herramienta muy importante para la inspección ya que son utilizados para evidenciar la aprobación, certificación y comprobación de las características de los productos, brindando una idea del nivel de la calidad lograda; pero además estos pueden ser utilizados de diferentes maneras y tal como se menciona en el capítulo anterior un buen documento puede ayudar en el hallazgo y solución de un problema. Además de servir como prueba verdadera del acontecimiento de un problema. Ejemplos de ello son: los documentos u hojas de resultados de ensayos de densidades de campo, como documentos para comprobar el porcentaje de compactación brindada a cierta capa de material, su archivo serviría para que en un futuro se pueda comprobar que la presentación de algún tipo de falla específica se encuentra o no relacionada con la mala compactación de dicho estrato.

Retomando, la clasificación de la inspección por el momento en el proceso en que se realiza podemos hacer un análisis de flujo a cerca del desarrollo de la inspección a lo largo de este (Figura. 3 – 6), y de esta manera darnos cuenta que existen tres niveles de inspección:

- Inspección pre-procesos: Es la que se realiza al inicio de una actividad o de un proceso e implica la aceptación del nivel de la calidad en este punto.
- Inspección en-procesos: Se realiza en un punto intermedio del proceso o cuando el proceso se encuentra en realización.
- Inspección pos-procesos o final: Se ejecuta al final del proceso o cuando el producto se encuentra terminado, esta incluye a su vez una verificación de la recepción satisfactoria, para asegurarnos que los procesos acabados se conforman con los requisitos especificados.

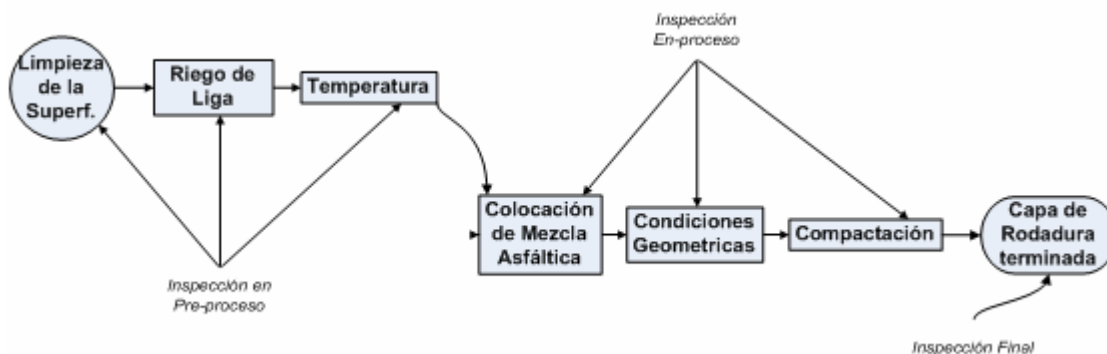


Figura 3 – 6

Diagrama de flujo de la construcción de una capa de rodadura de pavimento flexible, mostrando a la vez la inspección (clasificación por momento de realización) que se realiza a lo largo del proceso.

Un aspecto importante que no puede dejarse afuera de la presente investigación, es la identificación de los elementos que han sido inspeccionados, conocido como estado de inspección, que no es otra cosa que la clasificación de los elementos por medio de los resultados obtenidos durante la inspección. Esto se realiza por medio de una marca u otro objeto utilizado para distinguir o señalar ciertos elementos de otros con diferentes propiedades, la aprobación o rechazo de lotes, la existencia de fallas o daños en lo producido e incluso indicar cambios de métodos de construcción para ciertas partes del proceso, reparaciones para ciertos sectores del pavimento, entre otras. No debemos dejar fuera la aplicación de las herramientas estadísticas (como las mencionadas en el capítulo anterior) que pueden ser aplicadas para realizar los trabajos de inspección (ver anexo 3 – 3).

Podemos decir que la determinación del grado y el alcance de una inspección, se basa en la importancia de la actividad, de los métodos de construcción utilizados para su realización y de los resultados del funcionamiento de las formas de control ejercidas anteriormente.

### **3.6 – TOPOGRAFÍA Y GEOMETRÍA DEL PROYECTO.**

Este punto es de suma importancia en la realización de carreteras. Por que para asegurar que se cumplan las condiciones geométricas establecidas para un pavimento, se disponen una serie de controles de suma importancia sobre los cuales no es permisible cometer muchos errores, ya que esto afectaría enormemente la calidad geométrica del pavimento, resultando hasta en la posible reconstrucción de las partes que presenten no conformidad.

En este punto se realiza una inspección minuciosa del 100% del trabajo ejercido. Esta se lleva a cabo por medio de:

- Recepción de puntos de medición (bancos de marca), puntos auxiliares, estacionamientos del cadenamamiento, etc;
- Recepción de puntos de terracería,
- Recepción de niveles de puntos establecidos para la tramos de construcción, antes y después de la realización de cualquier proceso,
- Chequeo o replanteo de puntos, entre otros.

Debemos considerar en este punto; aspectos como:

- Inspección del equipo utilizado por el contratista para realizar los trabajos de topografía,
- Evaluación del personal que realiza los trabajos, con respecto a su experiencia y habilidades.

También el personal de la supervisión relacionado con la topografía del proyecto y los aspectos geométricos, debe conocer muy bien las especificaciones relacionadas con los aspectos geométricos del proyecto y sus respectivas tolerancias, para no permitir exceso en las desviaciones de las mediciones.

### **3.7 – CONTROL DE MEDICIÓN**

La calidad del objeto a investigar es la base para el estudio del presente apartado. Ya que si conocemos dicho objeto y las necesidades que debe satisfacer, también conoceremos las características que este debe poseer, descubriendo en última circunstancia los requisitos que debe cumplir.

En este momento para observar el cumplimiento de los requisitos debemos obtener información que nos muestren el grado de satisfacción con dichos requisitos, para esto debemos chequear las características mediante su medición (esto se logra mediante su medición).

Por otra parte, la medición es simplemente asignar un número a una cantidad, la asignación de este número consiste en la comparación de dos valores, uno obtenido del objeto de estudio y el otro tomado de un estándar o valor normalizado certificando de esta forma las propiedades o características que deseamos en un objeto.

Entonces la medición nos lleva a la obtención de resultados objetivos útiles para tomar decisiones efectivas en caso de presentarse el incumplimiento con los requisitos.

Debemos observar que la medición es afectada por tres factores que son:

1. El equipo: Este componente incluye los instrumentos e instalaciones.
2. El personal: Incluye al encargado de realizar la medición, además de su capacidad y conocimiento.
3. El método: Comprende los procedimientos y todos los elementos que indican qué y como medir.

Son estos tres elementos, de los cuales depende la medición y los que generan su variabilidad. Por consiguiente, si se establece un sistema de medición es lógico pensar que debe tener como base estos tres parámetros, para lograr su funcionalidad.

Analizando cada uno de los tres factores mencionados anteriormente, podemos decir que para lograr exactitud en la medición y reducir la variabilidad:

- a) El equipo de medición debe mantenerse en buenas condiciones y apto para la operación segura y eficaz dentro de una tolerancia especificada de la exactitud. Además de ser examinado o calibrado regularmente para asegurar la capacidad de operación exacta.
- b) El personal debe ser capacitado en el uso de los instrumentos, en el estudio del procedimiento a seguir y además en los parámetros que influyen el desarrollo de las mediciones.
- c) Por lo general el método a utilizar para realizar la medición se encuentra definido por normas, las que indican la forma y el lugar de medición, en los elementos en estudio.

Es importante reconocer que no puede asegurarse certeza absoluta en las mediciones. Esto se puede observar de la siguiente manera: de los tres elementos mencionados anteriormente, dos se encuentran ligados profundamente y generan una influencia mutua en la medición, conocida como incertidumbre, estos son el equipo y el personal. La incertidumbre solamente es una característica propia de la medición.

Debemos tener presente que la dificultad en la obtención de una medida no debe ser factor alguno para dejar de efectuarla.

### **3.7.1 – La calidad de las mediciones**

Lograr la toma de mediciones con un alto grado de certeza, es beneficioso desde cualquier punto de vista. En otras palabras, lograr cierto nivel de calidad propuesto en la toma de mediciones puede reportar beneficios fácilmente apreciables, entre los que podemos mencionar los siguientes:

- Permite garantizar la calidad de lo producido.
- Disminuye los costos de no calidad.



- Apoya objetivamente la toma de decisiones.
- Aumenta la eficiencia del uso de los recursos.
- Medir bien facilita la dilución de controversias.

Debemos tener en cuenta que la calidad de las mediciones está determinada por el contraste entre las especificaciones de las características hechas por el cliente, sus requisitos y las características que realmente está obteniendo.

Aunque hoy en día, se esta tomando en cuenta con mayor seriedad. No es muy frecuente observar un análisis de las características y la variación en la medición. El control de la medición (por lo general), solamente se limita, en cierta manera al aseguramiento de la calidad en la medición por medio del estado del equipo. En diferentes países, se están implementando medidas tales como: la utilización del control por medio de certificados de calibración, que comprueban el mantenimiento dado al equipo de medición y de prueba, para preservar su exactitud y aptitud para el uso. Además de análisis de las características que influyen en la variación de la medida.

A continuación se presentan las características de las mediciones:

- Intervalo de medición.
- Incertidumbre.
- Costo.

De las características presentadas anteriormente, la que se tratará un poco más a fondo en la presente investigación es la incertidumbre, ya que se considera influye en mayor grado en la variabilidad de la medida.

Definiendo la incertidumbre de medición podemos decir que: es el “resultado de la medición que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se encuentra el valor verdadero de la medida”.

Refiriéndonos, específicamente a la incertidumbre de las medidas, podemos decir que: “El equipo de inspección, medición y prueba se debe utilizar de tal

manera que se asegure que la incertidumbre de medición es conocida y es consistente con la capacidad de medición requerida<sup>41</sup>”.

Con respecto a este aspecto, debemos distinguir dos conceptos: La incertidumbre requerida y la incertidumbre actual.

La **incertidumbre requerida** es la que el usuario necesita, la que le gustaría obtener.

La **incertidumbre actual** es la que está obteniendo.

El objetivo que se persigue en cualquier sistema de control de medición implementado, es que ambas sean parecidas; es decir, lo más cercanas posibles entre sí. De acuerdo a las definiciones mencionadas anteriormente, podemos decir que sobre la incertidumbre que se puede actuar, es la incertidumbre actual. Ya que la incertidumbre requerida representa un nivel de calidad aceptable con respecto a la medición y nada más es utilizable como parámetro de comparación.

---

<sup>41</sup> Las mediciones y la calidad. Evaluación de sistemas de medición por incertidumbre, 1996.

### **3.8 – NO CONFORMIDAD**

La definición de no conformidad se ha tratado en el capítulo anterior, razón por la que se da por entendido este concepto para su mención en el presente capítulo.

El procedimiento para expresar y tratar las no conformidades, se ha establecido en el capítulo anterior, mas sin embargo, la supervisión debe establecer un procedimiento, para determinar las no conformidad y como se realizará el flujo de información hacia el contratista.

El establecimiento de las no conformidades, debe estar basado en el incumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas cuya ocurrencia puede dar lugar a la generación de causas que originen defectos en el pavimento o un pavimento defectuoso (ver anexo 3 – 4), esta es la idea básica de una no conformidad. Tomando esto como referencia podemos establecer el siguiente procedimiento para el establecimiento de una no – conformidad:

- a) Detectar la inconformidad por medio de la inspección de los diferentes trabajos realizados por el contratista y considerados necesarios para la construcción de un pavimento.
- b) Establecer en base a medidas, muestras, datos y/o parámetros la no conformidad con respecto a las especificaciones técnicas (especiales y generales) instauradas para la realización del proyecto, de los diferentes materiales, procedimientos, maquinaria, personal utilizado.
- c) Registrar la no conformidad, en un documento diseñado para tal efecto. Procediendo al dictamen de no-conformidad. En dicho documento deben establecerse como mínimo las causas de la no-conformidad y el lugar, área, material o maquinaria con la cual no se esta conforme y anexarse las respectivas pruebas de no-conformidad y una copia de las especificaciones que demuestran la no-conformidad respectiva.

- d) Presentar el registro de dicha no conformidad al contratista, en la brevedad del caso.
- e) De ser posible y si la supervisión tiene una alternativa de solución a dicha no-conformidad, debe anexarse esta alternativa al registro de no-conformidad presentado al contratista. Quien la evaluará y comunicará la aceptación de esta alternativa o propondrá una alternativa diferente a supervisión para su respectiva revisión y consecuente aprobación.

Con el procedimiento anterior se pretende, tener una mejor comunicación con el contratista de los aspectos que producen no conformidad durante la construcción de un pavimento. Pero también debemos tener en cuenta que al momento de detectar una no conformidad, por consecuencia se debe implementar una acción ya sea preventiva o correctora, la cual debe al mismo tiempo ser inspeccionada al momento de su realización y también periódicamente para observar si brinda los resultados esperados. En este caso, el contratista debe presentar los parámetros o especificaciones bajo las cuales será evaluada la acción preventiva o correctiva.

### **3.9 – PROPUESTA DE PLAN DE ACEPTACION DE LA CALIDAD**

Todo lo tratado durante el desarrollo de este capítulo, nos conduce a este punto el cual es la propuesta de una guía para realizar la aceptación de la calidad. La propuesta mostrada a continuación, solamente expone la estructura principal que se considera debe trazar los lineamientos del plan de aceptación de la calidad.

Tomando como base lo mencionado durante el desarrollo de este capítulo y parte del capítulo anterior que está relacionado con la supervisión y con aspectos de aceptación de la calidad la estructura básica de un plan de aceptación de la calidad para la construcción de la estructura básica de un pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas en caliente, debería ser la siguiente:

#### **ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO**

A.1 Descripción del Proyecto.

A.2 Programa de trabajo de la supervisión.

A.3 Especificaciones y normas de referencia.

A.4 Organización de la supervisión para la aceptación de la calidad.

A.4.1 Personal encargado de llevar la supervisión de las obras.

A.4.2 Capacidad del personal, experiencia y referencias.

A.4.3 Responsabilidades del personal de Aceptación de la Calidad.

A.4.4 Organigrama del personal de Aceptación de la calidad, en la obra.

#### **ESQUEMA DIRECTOR PARA LA COORDINACION DE COMUNICACION**

B.1 Comunicación con el contratista

B.1.1 Reuniones.

B.1.2 Documentos e informes.

B.1.4 Planos y esquemas.

B.1.3 Formas de comunicación para recepción o inspección en el lugar.

B.2 Comunicación con el propietario (o su representante).

B.2.1 Reuniones.

B.2.2 Documentos e informes de supervisión.

B.3.3 Formas de comunicación para recepción o inspección en el lugar

B.3 Revisión y evaluación de los documentos entregados por el contratista.

B.3.1 Evaluación del Plan de Control de la Calidad.

B.3.2 Evaluación de la organización técnica del personal del contratista en el proyecto.

B.3.3 Revisión de los informes del contratista.

B.3.4 Revisión de los planos del proyecto elaborados por el contratista.

## **REQUISITOS O REQUERIMIENTOS PARA LA ACEPTACIÓN DE LA CALIDAD**

C.1 Requisitos de aceptación de la estructura del pavimento.

C.1.1 Para aceptación de materiales.

C.1.2 Aceptación geométrica.

C.1.3 Para aceptación de maquinaria y equipo.

C.1.4 Aceptación para implementación y desarrollo de procedimientos.

C.1.5 Evaluación de personal y plan de seguridad e higiene industrial.

## **PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION TOPOGRAFICA**

D.1 Especificaciones y requisitos topográficos de la obra.

D.2 Inspección de equipo topográfico utilizado.

D.3 Procedimientos de recepción topográfica.

D.3.1 Recepción de puntos.

D.3.2 Recepción de niveles.

D.3.2 Chequeo o replanteo.

D.3.4 Verificación geométrica y aceptación.

## **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA INSPECCIÓN DE OBRAS**

E.1 Especificaciones y requisitos de la obra.

E.1.1 Especificaciones del proyecto.

E.1.2 Establecimiento de procedimientos de inspección a utilizar durante el desarrollo del proyecto.

E.2 Inspección de recepción de pre-construcción.

E.3 Inspección de la maquinaria a utilizar en el desarrollo de los trabajos.

E.3.1 Inspección de la maquinaria.

E.4 Inspección y evaluación de la coordinación del personal del contratista.

E.5 Inspección del cumplimiento del plan de seguridad e higiene del contratista.

E.6 Inspección durante la aplicación de los procedimientos establecidos para la ejecución de las obras.

E.6.1 Inspección de la Sub-base.

E.6.2 Inspección de la Base.

E.6.3 Inspección del Riego de Imprimación.

E.6.4 Inspección de la Capa de Rodadura.

E.7 Inspección final de Ejecución de Obras.

E.8 Inspección de Recepción y Aceptación.

## **MANUAL DE LABORATORIO Y CONTROL DE MATERIALES DE LA SUPERVISIÓN.**

F.1 Desarrollo de procedimientos de trabajo del laboratorio de supervisión.

F.2 Establecimientos de formatos de presentación de resultados de laboratorio obtenidos por la supervisión.

F.3 Establecimiento del plan de ensayos de contraste.

F.3.1 Establecimiento de parámetros de nivel de la calidad.

F.3.2 Tipos de ensayos de contraste a realizar.

F.3.3 Determinación de la cantidad de ensayos a realizar.

F.4 Establecimientos de inspección y evaluación del laboratorio del contratista.

F.5 Procedimientos de evaluación del personal del laboratorio del contratista.

## **DETERMINACIÓN DE NO CONFORMIDAD**

G.1 Establecimiento de proceso de determinación de no conformidad por supervisión.

G.1.1 Formatos de registro de no conformidad por parte de supervisión

G.2 Establecimiento de proceso de información de no conformidad por parte de la supervisión al contratista.

G.3 Establecimiento de evaluación de acciones preventivas y correctivas (AC/AP).

G.4 Establecimiento de procedimientos de inspección y verificación de la ejecución de AC/AP y los resultados obtenidos.

### **PROCEDIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

H.1 Establecimientos de formas de almacenamiento de la información:

H.1.1 Información Impresa.

H.1.2 Información Digital.

H.1.3 Planos y Esquemas, otros

## **A. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO**

El Plan de Aceptación de la Calidad será un conjunto de actividades destinadas a verificar y aceptar o rechazar la calidad del producto terminado, en base a la inspección y los resultados obtenidos. El Sistema de Aceptación de la Calidad comprenderá de la inspección de los trabajos, el muestreo y la realización de las pruebas de aceptación, entre otros; que son procedimientos destinados a hacer cumplir las especificaciones técnicas.

### A.1 Descripción del proyecto.

La descripción del producto deberá contener, los siguientes aspectos básicos:

- Ubicación del proyecto.
- Las características geométricas de la carretera a lo largo de su longitud.



- Descripción de aspectos especiales del proyecto como: longitud, número de carriles, entre otros.

#### A.2 Programa de trabajo de la supervisión.

Se deberá exponer el programa de trabajo ha ser utilizado por la empresa que supervisará la obra, durante la realización de los trabajos. Dicho programa de trabajo debe tratar aspectos mínimos, tales como:

- Tipos y formas de inspección a implementar en la obra.
- Cantidad de personal necesaria para la realización de las actividades de supervisión.
- Aspectos a implementar para el desarrollo de las actividades de supervisión.
- Equipo y documentación básica para la realización de la inspección.
- Establecimiento de relaciones de dependencia del contratista, entre otros.

#### A.3 Especificaciones y normas de referencia.

Será indispensable mantener una copia ya sea digital o impresa de las especificaciones técnicas (generales, específicas y especiales) necesarias para la realización de los trabajos, como las mencionadas en el punto 3.3 y sobre las cuales se deberá basar la inspección y evaluación realizada por la supervisión.

#### A.4 Organización.

La organización técnica prevista para dirigir la supervisión a verificar, evaluar y aceptar o rechazar la calidad del producto, tomando como base los datos obtenidos:

##### A.4.1 Personal encargado de llevar la supervisión de las obras.

Para llevar el control de aceptación se ha propuesto una organización específica o grupo de supervisión, la cual se muestra en el organigrama del punto 3.1.4. Dicho organigrama será el que se implemente en la construcción

de un pavimento. Y cada persona enunciada en él, debe cumplir lo establecido en dicho punto.

#### A.4.2 Capacidad del personal, experiencia y referencias.

El personal de la unidad de control deberá poseer las capacidades necesarias para poder desempeñar con normalidad las actividades de inspección y evaluación. Además su experiencia deberá ser comprobada por el propietario o encargado del proyecto designado por este.

#### A.4.3 Responsabilidades del personal de aceptación de la calidad.

Las principales responsabilidades deben ser definidas para que el personal de la supervisión realice las actividades designadas.

#### A.4.4 Organigrama del personal de Aceptación de la calidad.

El plan de aceptación de la calidad, deberá poseer el organigrama del grupo que supervisará la calidad del proyecto, que será el propuesto en el punto 3.1.4

### **B. ESQUEMA DIRECTOR PARA LA COORDINACIÓN DE COMUNICACIÓN.**

#### B.1 Comunicación con el contratista.

Los tipos y formas de comunicación a realizarse en conjunto con el contratista, deberán ser establecidos por este, al igual que el lugar de su realización, hora y fechas. El contratista debe acordar con la supervisión, la forma y presentación de los documentos e informes respectivos, para ser verificados y evaluados.

Además en este punto deben definirse las diferentes formas de comunicación.

#### B.2 Comunicación con el propietario.

Se establecerán las diferentes formas y documentos, por medio de los cuales se establecerá la comunicación con el propietario o sus representantes.

#### B.3 Revisión y evaluación de los documentos del contratista.

La supervisión debe establecer la forma de revisión y evaluación de todos los documentos entregados por el contratista, y los tiempos de recepción de dichos documentos, antes de la aplicación o realización de los trabajos para los cuales han sido elaborados (revisión).

### **C. REQUISITOS O REQUERIMIENTOS PARA LA ACEPTACIÓN DE LA CALIDAD.**

En base a lo contenido en las especificaciones y al método de construcción establecido por el propietario, la supervisión de la obra debe establecer los requisitos de aceptación para todos los aspectos que afectan la variabilidad y por ende la calidad de un producto, estos aspectos, son los mismos mencionados en el capítulo anterior, además del plan de seguridad e higiene industrial.

### **D. PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN TOPOGRÁFICA.**

#### D.1 Especificaciones y requisitos topográficos de la obra.

Se deben anexar las especificaciones o mencionar los requisitos a cumplir, con respecto a la topografía de la obra en este punto.

#### D. 2 Inspección de equipo topográfico utilizado.

En este punto se establecerá la/s forma/s de inspección al equipo de medición topográfica utilizado por el contratista, definiendo un procedimiento de verificación del funcionamiento del aparato topográfico, ya sea este: teodolito o estación total. Además se debe exigir la carta de calibración de los mismos.

#### D.3 Procedimientos de recepción topográfica.

Definir los procedimientos de recepción, chequeo o verificación, es el objetivo de este punto.

### **E. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA INSPECCIÓN DE OBRAS**

#### E.1 Especificaciones y requisitos de la obra.

Las especificaciones son la base para la realización de la inspección de las obras de construcción, razón por la cual deben colocarse o anexarse las especificaciones que rigen el desarrollo y la calidad de los materiales, maquinaria, etc; y de acuerdo a estas establecerse los requisitos o parámetros mínimos a cumplir por parte del contratista.

En este punto también deben establecerse los procedimientos a implementar para realizar los siguientes tipos de inspección:

- De Recepción de pre-construcción.
- De la maquinaria a utilizar.
- De la coordinación del personal.
- Del cumplimiento del plan de seguridad.
- De los procedimientos de construcción establecidos.
- De la inspección final.
- Y de la recepción y aceptación.

## **F. MANUAL DE LABORATORIO Y CONTROL DE LOS MATERIALES DE LA SUPERVISIÓN.**

### F.1 Desarrollo de procedimientos de trabajo del laboratorio de supervisión.

Se mencionarán los procedimientos implementados por la supervisión en su laboratorio de suelos y materiales, para realizar las actividades respectivas.

### F.2 Formatos de presentación de resultados de laboratorio.

En este punto se mostrarán los formatos utilizados por supervisión para recopilar los datos obtenidos de los ensayos realizados, durante el proyecto de construcción de carreteras.

### F.3 Establecimiento del plan de ensayos de contraste.

En este punto deben mencionarse todos y cada uno de los ensayos a realizarse durante el desarrollo de las actividades del proyecto; estos ensayos deben ser congruentes con los realizados por el contratista, pero además se puede proponer la realización de ensayos no contemplados en los términos del contrato, siempre y cuando se determine el beneficio a la calidad de las obras ejecutadas. El plan de contraste debe cumplir lo mencionado en el punto 3.4.1 del presente capítulo; además como parámetro de comparación, un mínimo de ensayos a realizar en el desarrollo de un proyecto carretero, se muestra en el anexo 3 – 1. Los datos mostrados en dicho anexo fueron extraídos de condiciones técnicas establecidas por el Ministerio de Obras Públicas, MOP.

### F.4 Establecimientos de inspección y evaluación del laboratorio del contratista.

En este punto se presentarán los procedimientos a implementarse durante el desarrollo de la obra para realizar la inspección con la cual se evaluará y verificará la funcionalidad del laboratorio del contratista.

#### F.5 Procedimientos de evaluación del personal del laboratorio del contratista.

Se debe presentar el procedimiento mediante el cual se evaluará el personal que labora en el laboratorio del contratista, para determinar sus capacidades, habilidades y conocimiento de los ensayos.

#### **G. DETERMINACIÓN DE NO CONFORMIDAD.**

En esta parte del plan de aceptación de la calidad, se deben establecer y mostrar los procesos que ayudan a determinar la no-conformidad al igual que la evaluación, inspección y verificación de las AP/AC utilizadas. El procedimiento de determinación de la no conformidad ha sido tratado en el punto 3.8 del presente capítulo. En cuanto a la evaluación, inspección y verificación de las AP/AC, estos procedimientos deben ser establecidos para cada alternativa individual a implementar durante el desarrollo de todo el trabajo.

#### **H. PROCEDIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACION**

En este punto se deben establecer los procedimientos de almacenamiento de los diferentes tipos de información que recibe el supervisor, tanto del contratista como del propietario. Además debe mencionar que herramientas utilizará para lograr el tipo de almacenamiento propuesto.

*CAPITULO IV*  
*CONCLUSIONES Y*  
*RECOMENDACIONES*

## 4.1 – CONCLUSIONES

1. Los cambios en los sistemas de la calidad no se pueden relacionar de manera directa con los cambios en los tipos de contratos implementados ya que la calidad no depende de los tipos de contrato, sino de otras variables que la afectan y de los proyectos a realizar.
2. Debemos considerar que la calidad es una inversión que reporta ganancias a corto y largo plazo, ya que esta ayuda a evitar la construcción de elementos defectuosos que generan pérdidas y que implican recursos que no son aprovechables y que por el contrario, hasta para deshacerse de ellos es necesario un gasto adicional.
3. El plan de control y el plan de aceptación de la calidad deben ser concebidos en ese mismo orden, ya que la aceptación y evaluación del sistema de control de la calidad en la construcción de un pavimento depende de la forma como este se realizará.
4. El control de la calidad no es un procedimiento que intenta detener los avances en el proceso, sino más bien, corregir y eliminar causas de calidad indeseable en él.
5. Al momento de crear un plan de control de la calidad para el desarrollo de un proyecto, se deben tener claro, aspectos como: el tipo de variables que influyen en el proceso, su comportamiento (variabilidad) y la forma o métodos de control que se implementarán en su desarrollo.

6. La concepción de un plan para el control de la calidad en la construcción de un pavimento flexible, debe ser realizada por una persona o grupo de personas que posean cierto grado de conocimientos, acerca de los conceptos básicos tanto de la calidad y su control; como de procesos constructivos aplicados en su desarrollo.
7. Los ensayos a los materiales, su conocimiento y aplicación si bien es cierto, ayudan en la determinación de la calidad, influyendo en cierta manera en la calidad del pavimento; no conforman la totalidad de las formas de control de la calidad en la construcción de un pavimento, ya que también influyen aspectos como el análisis estadístico de sus resultados, la inspección tanto de las obras como de la maquinaria y equipo, formas de evaluación de capacidad de personal, entre otros.
8. La inspección no agrega calidad a los procesos ejecutados, más sin embargo, esta ayuda en cierta medida a corregir fallas en la construcción, evitando que se produzcan gran cantidad de errores.
9. En general todos los documentos utilizados por el contratista y la supervisión, que son archivados (reportes mensuales, semanales, etc); pueden ser establecidos como pruebas acerca de la calidad en el desarrollo de las obras; y servir como expedientes de trabajo, para las empresas que los emiten, utilizándolos de fundamento para hacer una re-evaluación del trabajo realizado por ellas.
10. La aplicación de las ideas y fundamentos (cultura) de la calidad no deben remitirse solamente a un proyecto específicamente, ya que estas deben aplicarse de igual manera a todas las áreas de una empresa de



construcción, para que dicha empresa asegure la calidad de las obras realizadas. Por que la importancia de su aplicación no es sólo en el área de campo, sino, en todas las demás áreas (administrativas) de la misma. Con esto se pretende que las empresas de construcción tomen la iniciativa para asegurar la calidad de los productos, sin verse en la necesidad de requerir de otra entidad para demostrar o afirmar la calidad de los bienes que se producen o de los servicios que se brindan.

## 4.2 – RECOMENDACIONES

1. Se recomienda elaborar el plan de Aceptación de la Calidad, después que ha sido elaborado y presentado el plan de Control de la Calidad, esto para elaborar el primero, en concordancia al segundo, logrando cierto grado de relación entre ambos.
2. Antes de tomar decisiones respecto a la solución de un problema, se debe definir muy bien el problema, analizar las causas que lo produjeron, donde se presenta, con que frecuencia lo hace y bajo que circunstancias, en resumen la forma como se comporta.
3. Se debe determinar el tipo de muestreo a utilizar en base al objeto a ser muestreado y su distribución. Ya que una parte importante en el estudio de control estadístico es lograr que la variable refleje las condiciones bajo las que se encuentra en la realidad.
4. Es recomendable realizar las reuniones de pre-construcción ya que estas pueden ayudar a solucionar o evitar posibles problemas que puedan ocurrir durante el desarrollo de las actividades de construcción.
5. La maquinaria, que vaya a ser utilizada en la construcción del pavimento, debe ser revisada en base al manual proporcionado por el fabricante para verificar que se encuentra en buenas condiciones, tanto para su uso inmediato, como para su uso prolongado. Sin olvidar realizar un chequeo rutinario, ejecutado con personal capacitado.

6. Se deberían establecer parámetros (tales como: velocidad del rodillo, amplitud de onda de las vibraciones, temperatura óptima de colocación, tiempo de desarrollo de los procedimientos, organización del personal a la hora del desarrollo de los trabajos, entre otros.); que son importantes y que influyen durante la realización de tramos de prueba de las distintas capas que componen la estructura de un pavimento asfáltico, ya que resulta de mucha utilidad definir de manera previa los procedimientos a emplear y controlar durante el desarrollo de su proceso constructivo.
7. Las compañías constructoras deben integrar los equipos de trabajo de la inspección con los de producción para repasar y mejorar en común la calidad del producto. Logrando a largo plazo que la responsabilidad del control de la calidad se distribuya al personal encargado del desarrollo de los procesos de construcción.
8. La supervisión, no solamente debe de conocer y manejar las normas utilizadas en los procesos constructivos, sino también, debe emplear las normativas utilizadas para evaluar el sistema de la calidad aplicado en dichos procesos.

## BIBLIOGRAFIA

Autor: Acheson J. Duncan.

Título: Control de Calidad y Estadística Industrial.

Ediciones Alfaomega, S.A. de C.V., México, febrero de 1990.

Autor: Alex Odir Canales Molina.

Título: Restauración de pavimentos flexibles con lechadas de cemento Pórtland (slurry). Trabajo de Graduación de la UES. Escuela de Ingeniería Civil. Diciembre de 2000.

Autor: Asphalt Institute

Título: The asphalt handbook, Manual Series N° 4 (MS – 4)

Edición 1989, Estados Unidos

Autor: Asphalt Institute

Título: The asphalt handbook, Manual Series N° 22 (MS – 22)

Edición 1994 (traducción en español), Estados Unidos.

Autor: Carlos Armando Reyes Ramos.

Título: Diagnostico sobre la Tecnología utilizada en El Diseño y Construcción de Vías Terrestres. Trabajo de Graduación de la UES. Escuela de Ingeniería Civil. Noviembre de 1990.

Autor: Dra. Marta Leticia Almengor Hecht.

Tema: Herramientas Para el Aseguramiento de la Calidad en el Proceso De Manipulación Higiénica de Alimentos.

Guatemala, agosto de 2002.

Autor: Humberto Gutiérrez Pulido.

Titulo: Calidad Total y Productividad.

Mc Graw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., México 1997.

Autor: Ing. Amando Vides Tobar.

Titulo: Construcción de Carreteras, Volumen 2, Guatemala, 1981.

Editorial: Piedra santa.

Autor: Ing. Fabricio Cattaneo

Titulo: Análisis de los criterios de aceptación en el control de calidad de mezclas asfálticas.

12º congreso ibero – Latinoamericano del asfalto.

Quito - Ecuador, Noviembre de 2003

Autor: Ing. José Tulio Pineda Martínez

Titulo: Propuesta de manual para la asignatura laboratorio de pavimentos en la Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de El Salvador.

Trabajo de graduación Universidad de El Salvador (UES). Marzo de 1997

Autor: Ing. Juan Diego Bauzá Castello

Titulo: El plan de control de calidad de materiales. Departamento de obra civil VORSEVI, S.A.

Autor: Ing. Pablo Paredes Lemus.

Titulo: Pavimentos Asfálticos. Tesis Doctoral de la UES. Escuela de Ingeniería Civil. Julio de 1956.

Autor: Ing. Ricardo Valencia Batallas

Titulo: La influencia del recurso humano en la implantación del control de calidad en construcción

Autor: James R. Evans, William M. Lindsay.

Titulo: Administración y Control de la Calidad.

Editorial: Grupo Editorial Iberoamericana, México.

Autor: José Antonio Cañas Echeverría.

Titulo: Mantenimiento de Carreteras Aplicado al Sistema Vial de El Salvador.  
Trabajo de Graduación de la UES. Escuela de Ingeniería Civil. San Salvador 1967.

*Autores: Luis Fernández Sanz, Universidad Europea de Madrid*

*Miren Idoia Alarcón Rodríguez, Universidad Autónoma de Madrid.*

Tema: Necesidades de medición en la gestión y el aseguramiento de calidad del software.

*14-Enero-1999.*

Autor: Oscar Armando Herrera Pinto.

Titulo: Financiamiento de Carreteras. Trabajo de Graduación de la UES.  
Escuela de Ingeniería Civil. San Salvador 1966.

Autor: Patricia Elizabeth cornejo Acevedo

Titulo: Procedimientos de control de calidad para obra civil en materiales de construcción urbana. Trabajo de Graduación Universidad Politécnica de El Salvador (UPES).

Enero de 1987

Autor: Rubén Jhonatán Lazos Martínez.

Título: Las mediciones y la calidad. Evaluación de sistemas de medición por incertidumbre.

El Marqués, Oro., febrero de 1996

## **DOCUMENTOS CREADOS POR INSTITUCIONES**

Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA) y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Bibliografía del curso para diplomado en proyecto, construcción y conservación de carreteras.

Marzo del 2000

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT

Documento: Norma Salvadoreña, NSR ISO 9001:96

Dirección general de normas.

Documento: NORMA MEXICANA, NMX-CC-7/1-1993-SCFI, "Directrices para auditar sistemas de calidad"

Dirección general de normas.

Documento: NORMA MEXICANA, NMX-CC--1993-SCFI, "Criterios de calificación para auditores de sistemas de calidad"

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Documento: Guía para el aseguramiento de la calidad analítica en laboratorios de química ambiental.

Santa fé, Bogotá, Colombia, 1999.

Ministerio de Obras Públicas

Documento: Condiciones generales, Proyecto Supervisión diseño y construcción “Prolongación boulevard Orden de malta y ampliación calle huizúcar (tramo I)”

Sociedad Latinoamericana para la Calidad

Documento: Técnicas de análisis de datos y control estadístico.

US. Army corp of engineers

Documento: Hot-Mix Asphalt Paving Handbook 2000

### **PROYECTOS VISITADOS DURANTE SU EJECUCIÓN**

“Prolongación boulevard Orden de malta y ampliación calle huizúcar (tramo III)”

“Mejoramiento del camino rural SAV11 – PAZ13, tramo: San Vicente – Verapaz – Guadalupe - Intersección Ramal (San Pedro Nonualco-Santa Maria Ostuma)”

“Prolongación 75 Avenida Norte y Calle a San Antonio Abad”

“Mejoramiento de Camino Rural USU14, tramo Santa Elena - Las cruces - San Pedro Arenales - Jucuapa”

### **REVISTAS DE CONSTRUCCIÓN**

REVISTA: N° 81: MATERIALES Y TECNOLOGÍA

Autor: Reinaldo Carballo F.

Tema del artículo: Una alternativa que no pasa de moda, El tapiz negro que cubre nuestras carreteras.

Fecha: Jueves 5 de mayo de 2005, Costa Rica.



**ESPECIFICACIONES Y NORMAS DE CONSTRUCCION**

Especificaciones normalizadas para la construcción de caminos y puentes en proyectos federales de carreteras “FP” (Standard Specifications for construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects), edición del año 2003.

Especificaciones para la construcción de Carreteras y Puentes Regionales (de la Secretaría de Integración Económica Centro Americana: SIECA), edición del año 2002.

Especificaciones y Normas de la Sociedad Americana para ensayos y materiales; por sus siglas en ingles ASTM (American Society for Testing and Materials), edición del año 2003.

Especificaciones y Normas de la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales para el Transporte; por sus siglas en ingles “AASHTO” (American Association of State Highway and Transport Official), edición del año 2004.

# ANEXOS

## ANEXO 1 – 1

Etapa	Concepto	Finalidad
Artesanal	Hacer las cosas bien independientemente del costo o esfuerzo necesario para ello.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfacer al cliente.</li> <li>• Satisfacer al artesano, por el trabajo bien hecho.</li> <li>• Crear un producto único.</li> </ul>
Revolución Industrial	Hacer muchas cosas no importando que sean de calidad (Se identifica Producción con Calidad).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfacer una gran demanda de bienes.</li> <li>• Obtener beneficios.</li> </ul>
Segunda Guerra Mundial	Asegurar la eficacia del armamento sin importar el costo, con la mayor y más rápida producción (Eficacia + Plazo = Calidad).	Garantizar la disponibilidad de un armamento eficaz en la cantidad y el momento preciso.
Posguerra (Japón)	Hacer las cosas bien a la primera.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar costes mediante la Calidad.</li> <li>• Satisfacer al cliente.</li> <li>• Ser competitivo.</li> </ul>
Posguerra (Resto del mundo)	Producir, cuanto más mejor.	Satisfacer la gran demanda de bienes causada por la guerra.
Control de Calidad	Técnicas de inspección en Producción para evitar la salida de bienes defectuosos.	Satisfacer las necesidades técnicas del producto.
Aseguramiento de la Calidad	Sistemas y Procedimientos de la organización para evitar que se produzcan bienes defectuosos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfacer al cliente.</li> <li>• Prevenir errores.</li> <li>• Reducir costes.</li> <li>• Ser competitivo.</li> </ul>
Gestión de la Calidad	Teoría de la administración empresarial centrada en la permanente satisfacción de las expectativas del cliente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfacer tanto al cliente externo como interno.</li> <li>• Ser altamente competitivo.</li> <li>• Mejora Continua.</li> </ul>

**Anexo 1 – 1:** Evolución del concepto “calidad”: esto nos ayuda a comprender de dónde proviene la necesidad de ofrecer una mayor calidad del producto que se proporciona al cliente y como poco a poco se ha ido involucrando toda la organización en la consecución de este fin. (Calidad Total, Espinosa).

### Factores para la construcción de las cartas de control

Tamaño de la muestra, $n$	Carta X	Carta R		Estimación de $\sigma$
	$A_2$	$D_3$	$D_4$	$d_2$
2	1.880	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.575	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.115	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	3.078
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.283	1.717	3.258
13	0.249	0.307	1.693	3.336
14	0.235	0.328	1.672	3.407
15	0.223	0.347	1.653	3.472
16	0.212	0.363	1.637	3.532
17	0.203	0.378	1.622	3.588
18	0.194	0.391	1.608	3.640
19	0.187	0.403	1.597	3.689
20	0.180	0.415	1.585	3.735
25	0.153	0.459	1.541	3.931

### Anexo 2 – 1

Tabla de factores para la construcción de las cartas de control. Apéndice 1 del libro “Calidad total y productividad”, Humberto Gutiérrez Pulido.



### ENSAYO DE COMPACTACION ( PROCTOR ).

FO-PD-124 / E.2

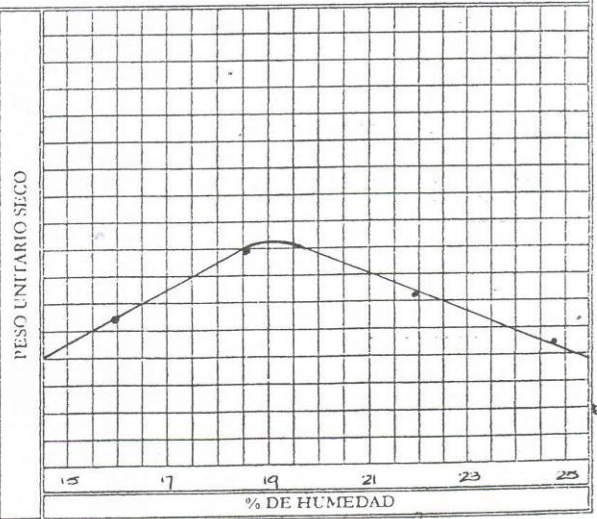
INTERESADO: CONSTRUCTORA D.L PROYECTO: AHUACTAPAN - TACUBA  
DESCRIPCION DEL MATERIAL: BASE RECICLADA + 4.0% DE CEMENTO

CAPA DE: BASE ESTABILIZADA TRAMO ESTACION: 15+090 - 15+350 Lat. Derecho  
LABORATORIO No. 1.-

P.B.	TARA	P.N.	P.U.H.	TARRO	" CALCULO DE HUMEDAD "				P.N.S.	% HUM.	PROM. HUM.	P.U.S.
					TARA	P.B.H.	P.B.S.	DIF.				
9819	6448	3371	1588	1	136.1	367.7	337.4	30.3	190.7	15.9	15.9	1371
9968	6448	3320	1658	2	188.6	345.0	313.3	31.5	166.8	18.8	18.8	1395
10028	6448	3580	1686	3	104.2	412.0	322.2	47.8	217.5	21.9	21.9	1383
10012	6448	3564	1679	4	79.9	487.7	413.7	72.0	291.7	24.7	24.7	1347

P.U.S. Max.: 1427 Lbs./pie<sup>3</sup>.  
 % HUM OPTIMA: 19.2  
 PROCTOR STANDARD: \_\_\_\_\_  
 PROCTOR MODIFICADO: \_\_\_\_\_  
 TIPO DE PROCTOR: T 180 D  
 VOL. DE CILINDRO: 2123  
 CANTIDAD DE MAT.: 5000 kg.  
 AGUA INICIAL: 300 cm<sup>3</sup>.  
 SEGUIDO CON: 100 cm<sup>3</sup>.  
 FECHA: 21 de JULIO 2004.

OBSERVACIONES: MATERIAL TOMADO DE LA MEZCLA REALIZADA EN EL CAMPO + 4.0% DE CEMENTO DE LA ESTACION 15+090 - 15+350 LAT. DERE.  
 Lab. Cía.: REMBERTO RAMOS  
 Lab. Sup.: \_\_\_\_\_



El resultado cumple con lo especificado por el Cliente

SI  NO   
 HO APLICA.  
 VoBo \_\_\_\_\_  
 Laboratorista

REMBERTO RAMOS.  
 Laboratorista

Anexo 2 – 2a: Formato para resultados de ensayo PROCTOR.



## CURVA GRANULOMETRICA

( ANALISIS MECANICO )

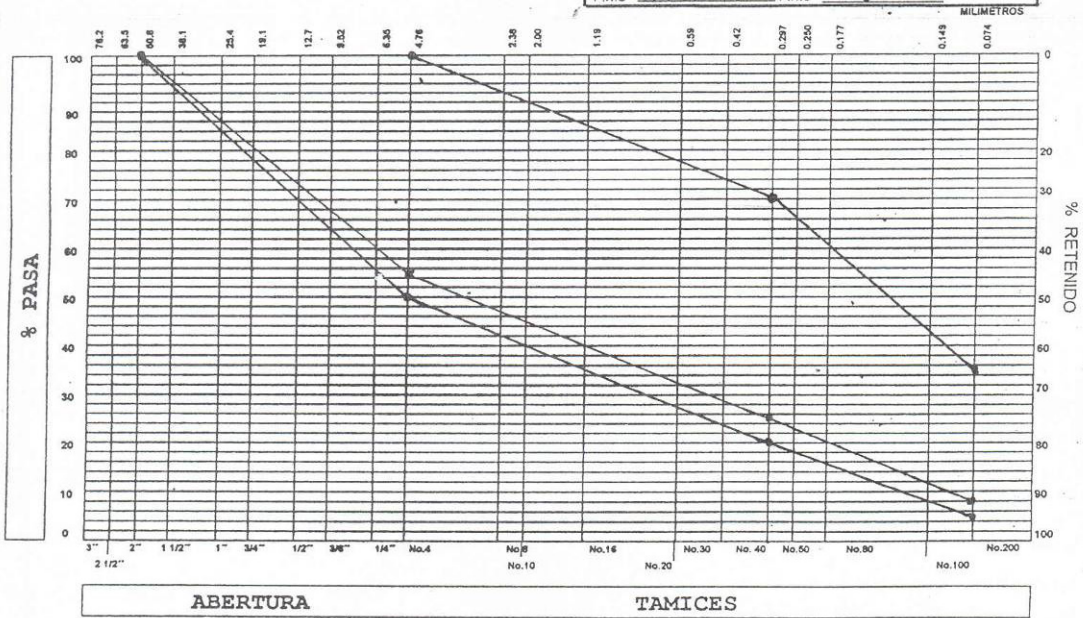
PROYECTO: CP. Amachapan-Tacuba  
 TRAMO: Base + cemento 4%  
 FASE DE TRABAJO: Granulometria  
 EST. \_\_\_\_\_ SEC. \_\_\_\_\_  
 FUENTE: Muestra tomada en el campo  
 EST. 41540-41670 SEC. El Central  
 FECHA: 8 de Julio 2004

METODO DE PRUEBAS					
TAMIS	P.B.R.	P.N.R.	% RET.	% PASA	ESPECIF.
2	0.00	0.00	0.00	100	100
4	29.80	45.62	45.62	54.38	50-100
40	517.8	27.72	75.34	24.66	20-70
200	220.34	16.60	91.94	8.06	5-35
Fondo	1469.0	8.05	100.00	—	—
Total	1740.0	—	—	—	—

PESO SI LAVAR	PESO LAVADO
P.B.S. <u>1409.5</u>	P.B.S. <u>0</u>
TARA <u>600.50</u>	TARA <u>0</u>
P.N.S. <u>1740.00</u>	P.N.S. <u>0</u>

PO-PO-123 / E4



OBSERVACIONES: Muestra tomada en el campo (Preparación) de Base estabilizada + cemento 4% Est. 41540-41670 El Central.  
AASHTO T 27

El resultado cumple con lo especificado por el cliente SI  NO

EFECTUO: <u>Mauricio A. Hernández</u>	CALCULO: <u>Mauricio Hernández -</u>	REVISO: <u>Mauricio Hernández</u>
--	---	--------------------------------------

Grava: 45.62  
 Arena: 46.32  
 Finos: 8.06

Super.

**Anexo 2 – 2b: Formato para resultados de ensayo de Granulometria.**

**CONSTRUCTORA D.L., S.A.**

LIMITES DE ATTERBERG. FO-PD-132/E.3  
 INTERESADO: Constructora D.L. LABORATORIO No.: 1  
 PROYECTO: Ahuachapam - Tacuba  
 BOLSA No.: \_\_\_\_\_ ESTACION: 15+100 - 15+350 Lot. 129  
 MUESTRA DE: \_\_\_\_\_ FECHA: 12 de Julio 2004  
 PERFORACION: \_\_\_\_\_ PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_

LIMITE - PLASTICO		LIMITE - LIQUIDO	
TARRO		TARRO	
P.B.H.	2.2 13	P.B.H.	8.5 72
P.B.S.	6.5 10	P.B.S.	6.6 80
TARA	15.40	TARA	15.50
DIF.	17.03	DIF.	18.72
P.N.S.	49.70	P.N.S.	51.30
% HUM.	34.25	% HUM.	36.70
% PROM.	9.0	No GOL.	6.0

GRAFICO PARA LIMITE LIQUIDO

El limite liquido se determina por medio de la formula  $w_w = w_p (L/25)$

% D E H U M E D A D

RESUMEN		OBSERVACIONES
LL: <u>30.60</u>	IP <u>No se Determino</u>	Muestra tomada de la mezcla realizada en el Campo + Cemento
LP <u>No se Determino</u>	INDICE DE GRUPO <u>0</u>	
CONTRATISTA: <u>Dembertc Quims</u>		

Los resultados cumplen con lo especificado por el cliente      SI  NO

SUPERVISORA: [Signature]      REVISOR: [Signature]

FECHA: 12 de Julio 2004  
 LOCALIZACION: 15+100 - 15+350 Lot. 129erdo.  
 CLASE DE MATERIAL: Areno Grueso mol Gradado + Cemento (SP-1C)

**Anexo 2 – 2c: Formato para resultados de ensayo de Limite Liquido.**

### **ANEXO 3 – 1**

Tipos y porcentaje de ensayos de contraste mínimos (con respecto a la cantidad realizada por el contratista), propuestos a ejecutar durante el desarrollo de una obra de construcción de pavimentos. Cantidades determinadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP).

<b><u>MATERIAL</u></b>	<b><u>FRECUENCIA</u></b>
<b>Terracería</b>	
Próctor Normal	10%
Granulometría	5%
Límites de Atterberg	5%
CBR de Laboratorio	10%
Densidad y humedad	10%
Materia Orgánica	5%
<b>Estructuras:</b>	
Concretos para cimentaciones, muros y losas no postensadas (Consistencia y resistencia a compresión)	15%
Concretos para tableros postensados y losas	15%
Aceros: Características geométricas y mecánicas	5%
<b>Pavimentos</b>	
<b><u>Base y Subbase</u></b>	
Proctor Modificado	10%
Granulometría	5%
Equivalente de arena	5%
Límites de Atterberg	5%
CBR Laboratorio	5%
Desgaste de L.A.	5%
Caras de fractura	5%
Densidad y humedad (Compactación)	10%
Resistencia a la compresión (material estabilizado)	5%
Materia Orgánica	5%



## **Aridos**

### Grueso

Granulometría	5%
Desgaste L.A	5%
Adhesividad	5%
Densidad relativa	5%
Absorción	5%
Indice de lajas	5%

### Fino

Granulometría	5%
Adhesividad	5%
Densidad relativa	5%
Absorción	5%
Equivalente de arena	5%

### Filler

Granulometría	5%
Densidad aparente	5%

### Betún

Clasificación (Penetración o Viscosidad)	5%
--	----

## **Concreto hidráulico**

Contenido de aire	5%
Resistencia a la compresión	10%
Resistencia a la flexión	10%
Revenimiento	5%
Temperatura	5%

## **Mezcla**

Contenido de betún	10%
Granulometría	10%
Marshall completo	5%
Estabilidad retenida	5%
Riegos bituminosos	Cuando se
Temperatura de Compactación	ejecute este proceso.

El registro de todos los resultados de los ensayos realizados deberán permanecer en la obra. Además deberán ser presentados en el menor plazo posible en función del procedimiento establecido en las normas de ensayo respectivas.

## ***Observación de la Mezcla***

### **1. Muy Caliente:**

Humo azul saliendo desde la mezcla indicando sobrecalentamiento. Revisar la temperatura. Si excede los límites máximos de las especificaciones, debe descartarse. Si excede la temperatura óptima de colocación, pero no sobrepasa el límite de la especificación, no es desechada, pero de inmediato deben tomarse las medidas para corregir el efecto.

### **2. Muy Fría:**

Apariencia generalmente dura, o un recubrimiento inadecuado de las partículas grandes indica una mezcla fría. Debe registrarse la temperatura inmediatamente.

### **3. Demasiado Asfalto:**

Cuando las cargas llegan a la pavimentadora con el material en forma de pirámides y de pronto la carga parece achatarse, puede haber demasiado asfalto. El exceso puede ser detectado debajo de la engrasadora debido a que la mezcla resbala.

### **4. Poco Asfalto:**

Una mezcla con poco asfalto puede en general ser detectada inmediatamente si la falta de betumen es severa. Tiene una apariencia seca, granular, recubrimiento defectuoso y los rodillos no la compactan en forma satisfactoria.

### **5. Mezcla no uniforme:**

La mezcla no uniforme muestra zonas de apariencia seca, marrón, opaca, dentro de zonas que tienen apariencia rica, brillante.

### **6. Exceso de Agregado Grueso:**

Una mezcla con exceso de agregado grueso, puede detectarse por la poca estabilidad de la mezcla y por su apariencia gruesa cuando es colocada en el camino. De otra manera se asemeja a una mezcla rica.

### **7. Exceso de Agregado Fino:**

Una mezcla con exceso de agregado fino tiene una apariencia distinta de la mezcla adecuadamente graduada después que esta ha sido rodillada. De otro modo se presenta como una mezcla seca.

### **8. Exceso de Humedad:**

Un vapor que emerge de la mezcla cuando se vierte en la tolva de la pavimentadora indica humedad en la mezcla. Puede haber burbujeo y estallidos como si estuviera hirviendo. La mezcla además puede hacer espuma de manera tal que parecería tener mucho asfalto.

### **9. Otras causas:**

La Segregación del Agregado de la mezcla puede ocurrir con un manejo inadecuado y ser suficientemente importante para justificar el rechazo de la mezcla. Las cargas que se han contaminado con derrames de gasolina, kerosene, aceite a otros productos parecidos, no deben ser usadas en el camino.

## **ANEXO 3 – 2**

Algunos aspectos importantes de conocer con respecto a la mezcla asfáltica, y que pueden contribuir en la realización de las actividades de inspección

## **CHECK LIST**

### **MATERIALES Y ALMACENAMIENTO (PREGUNTAS)**

Los materiales cumplen los requisitos de las especificaciones?  
Los almacenamientos están hechos satisfactoriamente?  
Hay segregación?  
Existe suficiente separación entre las pilas?  
El filler tiene suficiente protección de la intemperie?

### **CONTROLES DE PROTECCION (PREGUNTAS)**

Se han verificado los volquetes de transporte?  
Tiene aspecto homogéneo la mezcla?  
Es uniforme la temperatura de la mezcla?  
Las muestras son representativas?  
Las densidades son satisfactorias después de la compactación?  
La lisura, textura, rugosidad es obtenida?  
Se cumplen las inspecciones de los aspectos importantes que deben ser chequeados durante el desarrollo de las actividades, según lo especificado?

### **DEL LABORATORIO**

Se encuentran, en el laboratorio, los instrumentos para la realización de las pruebas necesarias a realizar durante la construcción?  
Los instrumentos están calibrados?  
Se encuentran las cartas de calibración de los documentos en el laboratorio?  
El área del laboratorio es adecuada?  
Hay un archivo ordenado y cronológico de informes y registros?, y como se realiza?

### **REGISTROS DE INFORMACION**

Registro del Tránsito  
Registro de Informes de Recorridos a la pista terminada cada 30 días: monitoreos, observaciones visuales incluyendo:  
Registro de deterioros: fisuras, ahuellamientos, peladuras, otros  
Cambios de textura, color, pulimento, etc.  
Registros diarios del clima: temperaturas/ horas de sol/ nubosidad/ humedad.  
Registros Derrames de líquidos sobre la pista.  
Fotografías.  
Archivo de comunicaciones (memos, cartas, oficios).  
Archivo (registro de ensayos, partes, diarios, semanales/ mensuales, según lo especificado)  
Cuadernos o gráficos de producción y avances de obra  
Información escrita al jefe inmediato de cualquier hecho  
Información con respecto al betumen y áridos utilizados para fabricar la mezcla.

## **ANEXO 3 – 3**

Check list de supervisión de obra, para la construcción de un pavimento asfáltico. (Manual de inspección, mezclas en caliente).

	Origen	Segregac.	Ondulac.	Desgarram.	Agrietam.
<b>MEZCLA</b>	Exceso de material tamiz N° 200	X			
	Muy caliente o muy firme	X			X
	Exceso de betumen (exudación)		X		
	Falta de finos		X		
	Incorrecta proporción entre espesor de la capa asfáltica y tamaño de agregado		X		
<b>RODILLOS</b>	Incorrecto apisonado con rodillo	X			
	Excesivo apisonado con rodillo	X			
	Desplazamiento en la base			X	
	Viraje demasiado abrupto			X	
	Retroceso demasiado abrupto			X	
	Acumulación de material en los lados de la tolva			X	
	Rodillos neumáticos: peso, presión inflado, inversión de marcha.			X	
	Rodillos lisos: peso, inversión de marcha, limpieza, humedecimiento			X	
	Rodillos vibratorios: frecuencia amplitud de vibraciones			X	
<b>PAVIMENTADORA</b>	Expulsión de los finos				X
	Sobrecarga de los tornillos espaciadores				X
	Mal estado del enrasador	X			
	Ajuste del enrasador	X			
	Mezcla enfriada: granulometría y % de betumen	X			
	Mezcla compactada: densidad	X		X	
	Pavimentación: calefacción maestra, enrasador, vibrador, nivelación automática			X	
	Guía de la pavimentadora	X			
	Clima: ambiente, viento, lluvias	X			
	En la pista compactada: densidad	X			
	En la pista: espesor, perfiles transversales y longitudinales	X			
	Lisura: textura rugosidad	X		X	

#### ANEXO 3 – 4

Causas que originan un pavimento defectuoso (capa de rodamiento), y que deben inspeccionarse con frecuencia.