



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE QUÍMICA

“DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN EN PRUEBAS DE LA NORMA AMERICANA FMVSS 116 POR ESTUDIOS R&R BAJO MSA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

FRANCISCO FELIX CABAÑAS MUNGUÍA

JULIO JESUS PULIDO NOLASCO

DIRIGIDA POR:

ING. JULIAN CRUZ OLIVARES

ING. HERACLIO JARAMILLO LEOCADIO

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, ABRIL 2018



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Definiciones</b>	<b>3</b>
1.1.1 DOT	3
1.1.2 EMA	3
1.1.3 Acreditación	3
1.1.4 Material de Referencia SAE	4
1.1.5 Estándar / Patrón	7
1.1.6 Estándares / Patrones de referencia	7
1.1.7 Equipo de medición y prueba (EMyP)	7
1.1.8 Estándar de calibración.	7
1.1.9 Estándar de transferencia	7
1.1.10 Master	7
1.1.11 Estándar de trabajo	7
1.1.12 Estándar de Chequeo	7
1.1.13 Valor de referencia	7
1.1.14 Valor verdadero	8
1.1.15 Medición	8
1.1.16 Gage	8
1.1.17 Sistema de medición	8
<b>1.2 Sistema de frenado</b>	<b>9</b>
1.2.1 Frenos de zapata	10
1.2.2 Frenos de disco	10
<b>1.3 Líquido de frenos</b>	<b>10</b>
1.3.1 Tipos de Líquidos de frenos	10
1.3.1.1 DOT 3	11
1.3.1.2 DOT 4	11
1.3.1.3 DOT 5	11
1.3.1.4 DOT 5.1	11
<b>1.4 Laboratorio de Fluidos Hidráulicos</b>	<b>11</b>
1.4.1 Pruebas de funcionalidad	12
1.4.1.1 Temperatura de ebullición a reflujo en equilibrio	12
1.4.1.2 Temperatura de ebullición en húmedo a reflujo equilibrado	12
1.4.1.3 Viscosidad Cinemática	12
1.4.1.4 Valor de pH	12
1.4.1.5 Estabilidad a alta temperatura	13
1.4.1.6 Estabilidad Química	13
1.4.1.7 Fluidéz y apariencia a bajas temperaturas	13
1.4.1.8 Tolerancia al agua	13
1.4.1.9 Compatibilidad	13
1.4.1.10 Corrosión en especímenes metálicos.	13
1.4.1.11 Resistencia a la oxidación	13
1.4.1.12 Efecto sobre Hule	13
1.4.1.13 Determinación del porcentaje de Humedad	14
<b>1.5 Quality Core Tools</b>	<b>14</b>
<b>1.6 MSA Versión: 4 (2010) AIAG</b>	<b>14</b>
1.6.1 Guías y lineamientos generales para sistemas de medición	15

1.6.2 Propósito	16
1.6.3 Propiedades estadísticas de los sistemas de medición	16
1.6.4 Fuentes de Variación	17
1.6.5 Efectos de la variabilidad de los sistemas de medición	18
1.6.6 Fuentes potenciales de variación	18
1.6.6.1 Discriminación	18
1.6.6.2 Variación del proceso de medición	19
1.6.6.3 Variación de las instalaciones	20
1.6.6.3.1 Exactitud	20
1.6.6.3.2 Sesgo	20
1.6.6.3.3 Estabilidad	21
1.6.6.3.4 Linealidad	21
1.6.6.4 Variación de amplitud	22
1.6.6.4.1 Precisión	22
1.6.6.4.2 Repetibilidad	22
1.6.6.4.3 Reproducibilidad	23
1.6.6.4.4 R&R de Gages o RRGs	24
1.6.6.4.5 Sensibilidad	25
1.6.6.4.6 Consistencia	25
1.6.6.4.7 Uniformidad	26
1.6.7 Preparación para un estudio de un sistema de medición	26
1.6.8 Análisis de resultados.	27
1.6.8.1 Criterios de aceptación	27
1.6.9 Determinar la repetibilidad y reproducibilidad	28
1.6.9.1 Método de análisis de varianzas (ANOVA)	29
1.6.9.1.1 Aleatoriedad e independencia Estadística.	29
1.6.10 Conducción del estudio	30
1.6.10.1 Cálculos Numéricos	30
1.6.10.2 Análisis de estudios RRG	30
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>31</b>
<b>2.1 Programación de las Pruebas</b>	<b>31</b>
<b>2.2 Protocolo de ejecución</b>	<b>33</b>
<b>2.3 Ejecución de los análisis</b>	<b>34</b>
2.3.1 Variables a evaluar	34
2.3.2 Métodos de prueba	34
2.3.2.1 Determinación del Punto de ebullición a reflujo equilibrado.	34
2.3.2.2 Determinación del punto de ebullición a reflujo equilibrado en húmedo	36
2.3.2.3 Viscosidad Cinemática	38
2.3.2.4 Determinación del pH en líquido para frenos.	40
2.3.2.5 Determinación de la estabilidad del líquido para frenos	41
2.3.2.6 Determinación de Fluidez y apariencia del líquido para frenos a bajas temperaturas	43
2.3.2.7 Determinación de la tolerancia al agua en líquido para frenos	45
2.3.2.8 Determinación de la compatibilidad en líquido para frenos	46
2.3.2.9 Prueba de corrosión por el efecto del líquido de frenos	48
2.3.2.10 Determinación de la resistencia a la oxidación en el líquido para frenos	52
2.3.2.11 Determinación del efecto del líquido para frenos sobre el hule de estireno butadieno	55
2.3.2.12 Determinación del Porcentaje de Humedad en líquido para frenos	56
<b>2.4 Recopilación de datos</b>	<b>58</b>
2.4.1 Minitab	58

<b>3. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b>	<b>60</b>
<b>3.1 Resultados de los análisis</b>	<b>60</b>
<b>3.2 Resultados de análisis en Minitab</b>	<b>64</b>
3.2.1 Punto de ebullición en equilibrio	64
3.2.2 Punto de ebullición en equilibrio húmedo	66
3.2.3 Viscosidad Cinemática a – 40° C	68
3.2.4 Viscosidad Cinemática a 100 °C	70
3.2.5 Determinación de pH	72
3.2.6 Estabilidad a altas temperaturas	74
3.2.7 Estabilidad química	76
3.2.8 Determinación de la fluidez a – 40 °C	78
3.2.9 Determinación de la fluidez a – 50° C	80
3.2.10 Determinación de la tolerancia a -40° C	82
3.2.11 Corrosión en placa de hierro estañado	84
3.2.12 Corrosión en placa de acero inoxidable	86
3.2.13 Corrosión en placa de aluminio	88
3.2.14 Corrosión en placa de hierro de fundición	90
3.2.15 Corrosión en placa de latón	92
3.2.16 Corrosión en placa de cobre	94
3.2.17 Corrosión pH al término de la prueba	96
3.2.18 Corrosión dureza de la goma al final de la prueba	98
3.2.19 Corrosión aumento del diámetro de la goma	100
3.2.20 Oxidación en placa de aluminio	102
3.2.21 Oxidación en placa de hierro de fundición	104
3.2.22 Dureza de gomas SBR a 70° C	106
3.2.23 Incremento de diámetro en gomas SBR a 70° C	108
3.2.24 Dureza en gomas SBR a 120 °C	110
3.2.25 Incremento de diámetro de gomas SBR a 120 °C	112
3.2.26 Porcentaje de humedad	114
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>116</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>118</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>120</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b> Composición de los hules de estireno butadieno	4
<b>Tabla 1.2</b> Propiedades del líquido de referencia RM-71	5
<b>Tabla 1.3</b> Requerimientos de las laminillas estándar para la prueba de corrosión	6
<b>Tabla 1.4</b> Tipos y características básicas de líquidos para frenos	11
<b>Tabla 1.5</b> Guía Rápida de 4ª Edición de MSA	15
<b>Tabla 1.6</b> Impacto de número de categorías distintas (NCD) de la distribución del proceso en actividades de análisis y control	19
<b>Tabla 1.7</b> Criterios RRG	28
<b>Tabla 2.1</b> Programación de pruebas para estudio R&R	32
<b>Tabla 3.1</b> Resultados de análisis Operador 1	61
<b>Tabla 3.2</b> Resultados de análisis Operador 2	62
<b>Tabla 3.3</b> Resultados de análisis Operador 3	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Diagrama del sesgo	20
<b>Figura 1.2</b> Diagrama de la estabilidad	21
<b>Figura 1.3</b> Diagrama de Linealidad	22
<b>Figura 1.4</b> Diagrama de la repetibilidad	23
<b>Figura 1.5</b> Diagrama de la reproducibilidad	24
<b>Figura 1.6</b> Diagrama del RRGs	25
<b>Figura 2.1</b> Organización de datos en software Minitab	58
<b>Figura 3.1</b> Resultados Punto de ebullición en equilibrio	64
<b>Figura 3.2</b> Resultados Punto de ebullición en equilibrio húmedo	66
<b>Figura 3.3</b> Resultados de Viscosidad cinemática a -40° C	68
<b>Figura 3.4</b> Resultados Viscosidad Cinemática a 100 °C	70
<b>Figura 3.5</b> Resultados de pH	72
<b>Figura 3.6</b> Resultados de estabilidad a altas temperaturas	74
<b>Figura 3.7</b> Resultados estabilidad química	76
<b>Figura 3.8</b> Resultados estabilidad química	78
<b>Figura 3.9</b> Resultados de Fluidez a -50° C	80
<b>Figura 3.10</b> Resultados de tolerancia a -40 °C	82
<b>Figura 3.11</b> Resultados de Corrosión en placa de hierro estañado	84
<b>Figura 3.12</b> Resultados corrosión en placa de acero inoxidable	86
<b>Figura 3.13</b> Resultados corrosión en placa de aluminio	88
<b>Figura 3.14</b> Resultados corrosión en placa de hierro de fundición	90
<b>Figura 3.15</b> Resultados corrosión en placa de latón	92
<b>Figura 3.16</b> Resultados de corrosión en placa de cobre	94
<b>Figura 3.17</b> Resultados corrosión pH al término de la prueba	96
<b>Figura 3.18</b> Resultados corrosión dureza de la goma al final de la prueba	98
<b>Figura 3.19</b> Resultados corrosión aumento del diámetro de la goma	100
<b>Figura 3.20</b> Resultados de oxidación en placa de aluminio	102
<b>Figura 3.21</b> Resultados de oxidación en placa de hierro de fundición	104
<b>Figura 3.22</b> Resultados de dureza de gomas SBR a 70° C	106
<b>Figura 3.23</b> Resultados de incremento de diámetro en gomas SBR a 70° C	108
<b>Figura 3.24</b> Resultados de dureza en gomas SBR a 120 °C	110
<b>Figura 3.25</b> Resultados de incremento de diámetro de gomas SBR a 120 °C	112
<b>Figura 3.26</b> Resultados de porcentaje de humedad	114

## INTRODUCCIÓN

Debido a la búsqueda de nuevos mercados y por ende a nuevos clientes, una empresa de giro petroquímico vio la oportunidad de producir líquido de frenos para las armadoras automotrices muy importantes y convertirse en sus proveedores.

El líquido de frenos se considera una pieza clave en el diseño del automóvil por lo cual existen ciertos requerimientos que se deben cumplir para poder abastecer a importantes armadoras automovilistas.

Uno de ellos y el más importante es contar con una certificación que especifique los requerimientos en el sistema de calidad para el desarrollo, el diseño y la producción de productos o partes para la construcción de automóviles, esta certificación es la que otorga la Norma IATF 16949 2016.

En la norma antes mencionada en el punto 7.1.5.1.1 hace mención de lo siguiente:

Se deben realizar estudios estadísticos para analizar la variación existente en los resultados de cada tipo de sistema de inspección, medición y ensayo contemplados en el plan de control, vinculados a características críticas o especiales, tanto de proceso como de producto. Los métodos analíticos y criterios de aceptación utilizados deben de ser conformes a lo previsto en los manuales de referencia relativos al análisis de sistemas de medición. Si el cliente lo aprueba, pueden utilizarse otros métodos de análisis y criterios de aceptación. La aceptación del cliente en relación con la utilización de métodos alternativos debe quedar registrada junto con los resultados del análisis que se han obtenido a través de sistemas de medición alternativos.

El plan de control es una herramienta que nos muestra el flujo del proceso de forma textual, en él, nos exige revisar cada una de las etapas del proceso, características del producto, cantidad de muestra y/o frecuencia y quien es el responsable de esa etapa.

El laboratorio de fluidos hidráulicos de dicha empresa está involucrado en el plan de control con las pruebas de funcionalidad del líquido de frenos, por ello, se llevó a cabo un estudio estadístico para determinar la variación que existe en cada uno de los métodos de pruebas que por resultado tengan un valor cuantitativo, ya que estas pruebas son consideradas como variables críticas dentro del proceso.

La metodología y especificaciones de las pruebas de funcionalidad del líquido de frenos previamente mencionadas se encuentran detalladas en la norma Federal Motor Safety Standart 116. Para poder proceder con este estudio se tomó como referencia esta norma debido a que es la que tiene peso y reconocimiento internacional.

Como apoyo para cumplir las expectativas de la norma IATF 16949 existen 5 herramientas creadas por la AIAG (Automotive Industry Action Group) llamadas Quality Core Tools que son un conjunto de herramientas principalmente usadas en el sector automotriz y son necesarias para implementar un sistema de gestión de calidad de dicha industria. Una de estas herramientas es el manual del MSA (Measurement Systems Analysis) en su cuarta edición, el cual propone diferentes metodologías para

realizar el estudio de análisis de sistemas de medición y los requisitos que este debe tener para la determinación de la variabilidad en los puntos críticos del proceso.

La metodología seleccionada para el análisis del sistema de medición en este estudio fue la determinación de R&R (Reproducibilidad y Repetibilidad) a través del análisis de las varianzas (ANOVA) lo que nos permitió identificar si la variación se encontraba en un mismo analista o entre los analistas participantes.

Como resultado se obtuvo que todas las pruebas de funcionalidad se encuentran dentro del límite establecido por el manual del MSA. Para lograr lo anterior se estandarizo en todos los aspectos de la metodología de los análisis dando resultados positivos para el cumplimiento de este requisito de la norma automotriz.

En el presente trabajo se logró detallar como se planeó y se llevó a cabo este estudio para cumplir con lo especificado en la norma con el propósito de generar una metodología para estudios futuros ya que se debe tener un monitoreo constante de estos sistemas que forman parte del plan de control.

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 Definiciones**

#### **1.1.1 DOT**

DOT es un acrónimo del departamento de transporte (Department Of Transportation en inglés). Ellos regulan la calidad de los líquidos vendidos. En Estados Unidos solo hay tres productores de líquido. Todos los aceites de EE. UU. son producidos por Dupont, Dow o Unión Carbide.

Este departamento exigió a los fabricantes de líquido de frenos que cumplieran los parámetros y requisitos de seguridad a la hora de fabricarlos. Es por eso que los diferentes tipos de líquidos de frenos comienzan con ya mencionado acrónimo DOT.

#### **1.1.2 EMA**

La entidad mexicana de acreditación, a.c. es la primera entidad de gestión privada en nuestro país, que tiene como objetivo acreditar a los Organismos de la Evaluación de la Conformidad que son los laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, laboratorios clínicos, unidades de verificación (organismos de inspección) y organismos de certificación, Proveedores de Ensayos de Aptitud y a los Organismos Verificadores/Validadores de Emisión de Gases Efecto Invernadero.

Su creación se impulsó al detectar los retos que nos presenta el intercambio de productos, bienes y servicios en el mundo globalizado; para dotar a la industria y comercio de herramientas para competir equitativamente, e insertarnos ampliamente al comercio internacional. Desde enero de 2006, la EMA, cumple cabalmente con la norma vigente para organismos de acreditación en el ámbito mundial, la Norma NMX-EC-17011-IMNC-2005 "Evaluación de la Conformidad – Requisitos Generales para los Organismos que realizan la acreditación de Organismos de Evaluación de la Conformidad".

EMA cuenta con los máximos reconocimientos internacionales por el Foro Internacional de Acreditación (IAF) y la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC), lo anterior confirma que la entidad trabaja con apego a las normas nacionales e internacionales. De la misma forma EMA fue galardonada con el Premio de Ética y Valores 2005 y 2012 que otorga la Confederación de Cámaras de Industriales de los Estados Unidos Mexicanos (CONCAMIN), lo que refuerza nuestra calidad como equipo y el compromiso con la razón de ser como institución.

#### **1.1.3 Acreditación**

Acto por el cual una entidad de acreditación reconoce la competencia técnica y confiabilidad de los laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, laboratorios clínicos, unidades de verificación (organismos de inspección) y organismos de certificación para la Evaluación de la Conformidad.

### 1.1.4 Material de Referencia SAE

Son muestras altamente homogéneas y estables para unas propiedades específicas que se acompañan de un certificado que declara los valores. Gracias a la característica de estos, un laboratorio puede someter ensayos periódicamente a estos ítems para comprobar la exactitud de los resultados que están obteniendo.

Los materiales de referencia SAE utilizados en los métodos de análisis indicados en la norma NOM-113-SCFI-1995 y la FMVSS 116 son los siguientes:

Líquido de compatibilidad RM-66-06: Es una mezcla de líquido de frenos de composición fija. Este líquido es una mezcla de seis marcas de líquido para frenos a base de poliglicoles, en partes iguales por volumen.

Las 6 marcas que corresponden a la composición del líquido de compatibilidad son las siguientes

- DOW HD50-4
- Delco Supreme II
- DOW BF2000
- Wagner Cooper H-112
- Toyota BF 2500H
- Hoechst BF-6-M

Gomas de Hules Estireno Butadieno RM-03a: Estas gomas se ubican en el cilindro de la rueda, se localizan como goma primaria y goma secundaria del cilindro maestro.

La siguiente tabla muestra la formulación del compuesto de hule de estireno butadieno:

**Tabla 1.1** Composición de los hules de estireno butadieno

Ingredientes	Partes por peso
SBR 1503	100
Negro de Humo	40
Óxido de zinc	5
Azufre	0.25
Acido esteárico	1
N-terciario butyl-2 Benzotiazol sulfenamida	1
Dibetanaftil-p-fenilen Diamina	1.5
Peróxido de dicumilo (40% de CaCO <sub>3</sub> ) *2	4.5
<b>TOTAL</b>	<b>153.25</b>

Líquido de referencia RM-71: Este líquido se toma como referencia para la obtención de humedad en el líquido de frenos, este líquido de referencia también se conoce como éter monometílico del trietilen glicol (EMTEG).

Las propiedades con las que debe contar este líquido son las siguientes:

**Tabla 1.2** Propiedades del líquido de referencia RM-71

Propiedades	Requerimientos
Cromatografía	94% de área, min.  Ninguno de los materiales precedentes, que sigan al EMTEG a través de la columna podrán exceder 4% del área que sigan EMTEG.
Contenido de agua	0,3% por peso, max.
Acidez	0,2% por eso, máximo como ácido acético.
Materia suspendida	Substancialmente libre
Apariencia	Líquido claro, 100 unidades APHA, max.
Punto de ebullición a reflujo equilibrado	513 K (240 C)

Laminillas estándar para la prueba de corrosión: En la tabla que a continuación se presenta, se encuentran el juego de las laminillas de diferentes tipos de metales que representan los que normalmente componen el sistema de frenado y son utilizados para la prueba de corrosión.

**Tabla 1.3** Requerimientos de las laminillas estándar para la prueba de corrosión

<b>Laminas para pruebas de corrosión</b>	<b>Especificación del material</b>	<b>Datos Generales del material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Requerimientos de la superficie</b>
Hoja de lata RM-6a	Lamina de hierro con un recubrimiento de estaño No. 25 y una dureza T3 de 54 a 60RB	Recubrimiento electrolítico, brillante No. 25, temple 3, peso base 39, 48 kg Fierro y aceite 2	Aprox. 8cm de long. 1.3 cm de ancho y espesor como se presente. Superficie 25cm <sup>2</sup> ± 5 cm <sup>2</sup>	Estañado Uniforme y limpio
Acero RM-7	Contenido de: Carbón 0.15% - 0.20% Manganeso 0.60% - 0.90% Fosforo 0.040% max. Azufre 0.050% max.	Hoja de bajo carbón rolada en frio. Dureza: 40RB a 72RB	Aprox. 8cm de long. 1.3 cm de ancho y espesor aprox. 0.2 cm, Superficie 25 cm <sup>2</sup> ± 5 cm <sup>2</sup>	Aristas rebabeadas superficies uniformes y limpias.
Aluminio RM-8	Contenido de: Cobre 4.5% Manganeso 1.5% Aluminio 93.4%	Aleación de aluminio forjado, temple T3, Dureza: 75RB Típico	Aprox. 8cm de long. 1.3 cm de ancho y espesor aprox. 0.2 cm, Superficie 25 cm <sup>2</sup> ± 5 cm <sup>2</sup>	Aristas rebabeadas superficies uniformes y limpias.
Hierro Fundido RM-9	Contenido de Carbón: 3.10% - 3.40%, Silicio 1.90% - 2.30% Manganeso 0.6% - 0.90%, Azufre 0.15% max. Fosforo 0.12% max.	Hierro fundido automotriz, blando, debe estar libre de cavidades, poros y otros defectos que afecten el uso del material. Dureza: de 86RB a 98RB	Aprox. 8cm de long. 1.3 cm de ancho y espesor aprox. 0.2 cm, Superficie 25 cm <sup>2</sup> ± 5 cm <sup>2</sup>	Rectifique los cuatro lados de su superficie usando una rueda de alambón No. 80 bien balanceada, superficies uniformes y limpias.
Latón RM-10	Cartucho de latón 70, 70% de cobre, 30% de zinc.	Aleación forjada de latón amarillo. Hoja o tira rolada, temple medio duro. Dureza: de 57RB a 74RB	Aprox. 8cm de long. 1.3 cm de ancho y espesor aprox. 0.4 cm. Superficie 25 cm <sup>2</sup> ± 5 cm <sup>2</sup>	Aristas rebabeadas superficies uniformes y limpias.
Cobre RM-11	Contenido de: Cobre 99.90% mínimo.	Hoja o tira de cobre rolada en frio temple: Medio duro, Dureza: de 35RB a 56RB	Aprox. 8cm de long. 1.3 cm de ancho y espesor aprox. 0.2 cm, Superficie 25 cm <sup>2</sup> ± 5 cm <sup>2</sup>	Aristas rebabeadas superficies uniformes y limpias.

### **1.1.5 Estándar / Patrón**

Un estándar es cualquier cosa que se tome por consenso general como una base para comparación, un modelo aceptado. Puede ser un artefacto conjunto (instrumentos, procedimientos, etc.) ajustado y establecido por una autoridad como una regla para medición de cantidad, peso, alcance, valor o calidad.

### **1.1.6 Estándares / Patrones de referencia**

Un estándar generalmente de la más alta calidad metrológica disponible en una cierta localización, de la cual se derivan las mediciones hechas en dicha localización.

### **1.1.7 Equipo de medición y prueba (EMyP)**

Todos los instrumentos de medición, estándares de medición, materiales de referencia y aparatos auxiliares que sean necesarios para ejecutar una medición.

### **1.1.8 Estándar de calibración.**

Un estándar que sirva como referencia en el desempeño de las calibraciones de rutina. Con la intención de que actúe como un pulido entra la carga de calibración y los estándares de referencia del laboratorio.

### **1.1.9 Estándar de transferencia**

Un estándar para comparar un estándar por separado de un valor conocido con una unidad que ha sido calibrada.

### **1.1.10 Master**

Un estándar cuya intención de uso sea ejecutar mediciones de rutina dentro del laboratorio, no como un estándar de calibración, pero que puede ser usado como un estándar de transferencia.

### **1.1.11 Estándar de trabajo**

Un estándar cuya intención de uso sea ejecutar mediciones de rutina dentro del laboratorio, no como un estándar de calibración, pero que puede ser usado como un estándar de transferencia.

### **1.1.12 Estándar de Chequeo**

Un artefacto de medición que reagrupa de una forma muy similar lo que el proceso está diseñado para medir, pero que es inherentemente más estable que el proceso de medición a ser evaluado.

### **1.1.13 Valor de referencia**

Un valor de referencia, también conocido como valor de referencia aceptable o valor máster, es el valor de un artefacto o conjunto que sirve como una referencia acordada para comparación. Los valores de referencia aceptables se basan en lo siguiente:

- Se determinan por el promedio de varias mediciones con un equipo de medición de más alto nivel.

- Valores legales: definidos y obligados por la ley.
- Valores teóricos: basados en principios científicos.
- Valores asignados: basados en el trabajo experimental (y soportados por una teoría razonable) de alguna organización nacional o internacional.
- Valores de consenso: basados en el trabajo experimental colaborativo y bajo los auspicios de un grupo científico o de ingeniería; definido por el consenso de usuarios tales como organizaciones profesionales, de negocio y de comercio.
- Valores por acuerdo: valores expresamente acordados por las partes afectadas.

En todos los casos el valor de referencia requiere ser basado en una definición operacional y en los resultados de un sistema de medición aceptable; para lograr esto, el sistema de medición usado para determinar el valor de referencia debiera incluir:

- Instrumentos con una resolución de mayor orden y con un error del sistema de medición menor que los sistemas usados para evaluaciones normales.
- Estar calibrados con estándares rastreables con NIST u otro INM.

#### **1.1.14 Valor verdadero**

El valor verdadero es la medida “actual” de una parte. Aunque este valor es desconocido e irreconocible, es la meta del proceso de medición. Cualquier lectura individual debe estar lo más cerca (y económicamente) posible a este valor. Desafortunadamente, el valor verdadero nunca puede ser conocido con certeza. El valor de referencia es usado como el mejor aproximado del valor verdadero en todos los análisis. Dado que el valor de referencia es usado como un equivalente como el valor verdadero, comúnmente estos términos son usados en forma intercambiable. No se recomienda este uso.

#### **1.1.15 Medición**

Es definida como la asignación de números o valores a cosas materiales que representen relaciones entre ellas con respecto a propiedades particulares.

#### **1.1.16 Gage**

Es cualquier dispositivo usado para obtener mediciones; frecuentemente usado para referirse específicamente a dispositivos usados en el piso de producción; incluye dispositivos pasa / no pasa.

#### **1.1.17 Sistema de medición**

Es el conjunto de instrumentos o gages, patrones, operaciones, métodos, dispositivos, software, personal, medio ambiente y supuestos usados para cuantificar una unidad de medida o preparar la evaluación de una característica o propiedad a ser medida; el proceso completo usado para obtener mediciones.

A fin de administrar efectivamente la variación de cualquier proceso se requiere tener conocimiento de:

- Lo que el proceso debería estar haciendo.

- Lo que puede estar mal.
- Lo que el proceso está haciendo.

Los requerimientos y especificaciones e ingeniería definen lo que un proceso debiera estar haciendo.

Se adquiere o logra conocimiento de lo que el proceso está haciendo, evaluando los parámetros o resultados del proceso mismo. Esta actividad, a menudo llamada como inspección, es la acción de examinar los parámetros de un proceso, las partes en proceso, los subsistemas ensamblados o los productos completos con la ayuda de patrones adecuados y dispositivos de medición que permitan al observador confirmar o negar la premisa de que el proceso esté operando en forma estable y con una variación aceptable con respecto a la meta designada por el cliente. Sin embargo, esta actividad de examen es en sí un proceso.

## 1.2 Sistema de frenado

El sistema de frenos es sin duda, el más importante para la seguridad vial del automóvil. Por tal motivo las autoridades de los diferentes países establecen reglas y parámetros a cumplir por los automóviles en cuanto a distancia y estabilidad de la carrera de frenado. Por su parte los fabricantes y desarrolladores del automóvil, se esfuerzan cada día más en lograr sistemas de frenos seguros y duraderos.

En todos los vehículos el sistema de frenos incluye dos posibilidades:

1.- Frenos de marcha: Un sistema que puede manipular el conductor, generalmente con el uso de un pedal y que sirve para disminuir la velocidad del vehículo o detenerlo y poder mantenerlo inmóvil. La fuerza de frenado de este sistema la puede establecer el conductor de acuerdo con la presión que ejerza sobre el pedal de accionamiento.

2.- Frenos de estacionamiento: Los que sirven para mantener el automóvil detenido cuando no está en movimiento o cuando se deja solo aparcado. Este sistema aplica una fuerza de frenado fija y suficientemente elevada como para bloquear la rueda. Normalmente en los vehículos ligeros se acciona a través de un pedal o con el uso de una palanca que se aplica manualmente.

Ambos sistemas pueden ser completamente independientes, no obstante, en la mayoría de los vehículos es común encontrar que los dos sistemas accionen los mismos elementos de frenado con diferente vía de accionamiento.

Mecanismos utilizados para producir el rozamiento.

Con independencia del modo de accionamiento de los frenos, en la práctica se utilizan tres formas principales para producir la fuerza de rozamiento en la rueda que conduce al frenado:

- 1.- Frenos de zapata.
- 2.- Frenos de disco

### **1.2.1 Frenos de zapata**

Los frenos de zapata son muy utilizados en la maquinaria en general y especialmente para los frenos de los automóviles y ferrocarriles.

En todos los casos estos frenos funcionan haciendo rozar con fuerza una zapata, o bien de hierro fundido, o bien de acero recubierta de un material especial de fricción, con un tambor metálico cilíndrico solidario a la rueda en movimiento con la intención de detenerlo, o en caso tal, mantenerlo detenido. El tambor generalmente es de hierro fundido, especialmente tratado térmicamente y recibe el nombre de tambora. En algunas aplicaciones, como en los trenes la zapata roza directamente y sobre el exterior de la rueda de acero.

### **1.2.2 Frenos de disco**

Los frenos de disco no tienen una aplicación tan universal como los de zapata. Su principal campo de aplicación es en frenos de automóviles y motocicletas.

Este tipo de frenos necesita una mayor fuerza de accionamiento para obtener la misma fuerza de frenado, comparada con los otros tipos de frenos, por esta razón es muy poco utilizado en la industria.

La capacidad de auto regulación para compensar el desgaste de los materiales de fricción, la simplicidad de construcción, el bajo costo de las piezas de fricción y su elevada durabilidad sin fallo, son, entre otras, las ventajas que lo han llevado a ser los frenos por excelencia de los vehículos.

Un cilindro, al que se aplica presión con el líquido hidráulico, representado en amarillo, empuja un pistón interior el que a su vez empuja una de las piezas de fricción que se mueve entre dos guías, este efecto, hace que la pinza entera se desplace y apriete el disco entre las dos piezas de fricción, generando la fuerza de frenado.

## **1.3 Líquido de frenos**

El líquido para frenos es un fluido hidráulico especialmente formulado a base de glicoles y éteres de glicol para transmitir la fuerza del pedal de freno a las llantas. Este líquido debe estar enriquecido con aditivos que impidan la corrosión de partes metálicas del sistema, proveniente de reacciones químicas del mismo líquido con los demás materiales del circuito hidráulico o por humedad.

Cuando el líquido está contenido en un espacio cerrado y es sometido a presión, la fuerza que se ejerce a través de él es de la misma magnitud hacia todas direcciones.

### **1.3.1 Tipos de Líquidos de frenos**

Existen diferentes tipos de líquidos de frenos, cada uno de ellos tiene características especiales y son utilizados en distintos tipos de sistema de frenos de los vehículos automotores.

### 1.3.1.1 DOT 3

Se usa en frenos convencionales. Tienen un punto de ebullición en seco de 205 C, un punto de ebullición en húmedo de 140 C y su viscosidad de 1500 cSt. Es el más común y el más económico.

### 1.3.1.2 DOT 4

Se trata de un líquido empleado tanto en frenos convencionales como en ABS. Tiene un punto de ebullición en seco de 230 C y un punto de ebullición en húmedo de 155 C y su viscosidad es de 1800 cSt. Es similar al DOT 3 aunque ofrece mejores características y una mayor durabilidad.

### 1.3.1.3 DOT 5

Se utiliza específicamente en vehículos cuyo líquido de frenos tenga una base sintética en vez de mineral. Por lo tanto, no se puede mezclar con los DOT 3 y DOT 4 que si tienen base mineral. Su punto de ebullición es mayor a los 260 C

### 1.3.1.4 DOT 5.1

Es un líquido con un punto de ebullición en seco de 270 C, un punto de ebullición de 180 C y tiene una viscosidad de 900 cSt. Al contrario de lo que puedan pensar no es una evolución del DOT 5, de hecho, tiene una base mineral. Su principal desventaja es que tiene un mayor poder higroscópico que los DOT 3 y DOT 4, es decir tiene más capacidad para absorber la humedad.

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los líquidos de frenos existentes en cuanto a su uso y a algunas de sus características.

**Tabla 1.4** Tipos y características básicas de líquidos para frenos

Tipo de líquido de frenos	Uso	Características
DOT 3	Utilizado en frenos convencionales.	P.E en seco 205 C P.E en húmedo 140 C
DOT 4	Utilizado en frenos convencionales y ABS	P.E en seco 230 °C P.E en húmedo 155 °C
DOT 5	Utilizado en sistema de frenos en los cuales este sea de base sintética.	P.E en seco mayor a 260 °C
DOT 5.1	Utilizado en Frenos convencionales, ABS y sistemas de alto rendimiento	P.E en seco 270 °C P.E en húmedo 180 °C

## 1.4 Laboratorio de Fluidos Hidráulicos

El laboratorio de fluidos Hidráulicos es un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación bajo la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006.

Este laboratorio está dedicado a evaluar el grado de conformidad del líquido de frenos como lo estipula los métodos y especificaciones de la norma nacional NOM-113-SCFI-1995 y la norma americana FMVSS 116. Cuenta con un servicio externo el cual abarca la evaluación de diferentes marcas nacionales, así mismo un mercado internacional, en especial el mercado colombiano que también requiere de la evaluación de sus distintas marcas.

También se cuenta con un servicio interno el cual provee datos para el control del proceso y el cumplimiento con las normas antes mencionadas ya que, es importante señalar que en esta empresa se fabrican líquidos de frenos de tipo DOT 3 y DOT 4.

#### **1.4.1 Pruebas de funcionalidad**

La norma que se utilizara en este trabajo es la norma americana FMVSS 116 ya que como es un producto que se venderá a armadoras en el extranjero esta norma es la que los clientes toman como punto de partida y son las pruebas contenidas en la misma las que se utilizan para evaluar el grado de conformidad de los líquidos de frenos y se encuentran dentro del alcance del laboratorio.

Las pruebas que se realizan en el laboratorio de fluidos hidráulicos bajo la norma FMVSS 116 son las siguientes:

##### **1.4.1.1 Temperatura de ebullición a reflujo en equilibrio**

Una porción de muestra del líquido de frenos es sometida a temperatura en un sistema de reflujo (condensado), se determina la temperatura hasta que el líquido de frenos empiece a retornar a su estado líquido con un determinado flujo.

##### **1.4.1.2 Temperatura de ebullición en húmedo a reflujo equilibrado**

El resultado de esta prueba se determina de la misma manera que para el caso de la temperatura de ebullición a reflujo en equilibrio, con la diferencia de que previo a obtener la temperatura de ebullición la muestra es sometida a un proceso de humidificación.

El proceso de humidificación consiste en mantener un volumen de la muestra en una atmosfera húmeda el tiempo necesario para que un volumen igual de un material de referencia SAE adquiera la humedad requerida.

##### **1.4.1.3 Viscosidad Cinemática**

Es la propiedad que tiene el líquido para fluir a través de un tubo capilar por la acción de la gravedad cuando es mantenido a una temperatura determinada.

##### **1.4.1.4 Valor de pH**

El pH indica la concentración de iones hidronio  $[H_3O]^+$  presentes en una solución, en términos simples nos indica el grado de alcalinidad o acidez del producto.

#### **1.4.1.5 Estabilidad a alta temperatura**

Es la propiedad del líquido de frenos para permanecer homogéneo y conservar sus características cuando se somete a calentamiento durante un determinado tiempo.

#### **1.4.1.6 Estabilidad Química**

Es la propiedad del líquido para frenos para permanecer homogéneo y conservar sus características cuando se mezcla con otros líquidos para frenos de diferente composición, no debe presentar reversibilidad.

#### **1.4.1.7 Fluidez y apariencia a bajas temperaturas**

Es la propiedad que le permite al líquido de frenos mantener el grado de fluidez requerido para accionar el sistema de frenos cuando se somete a bajas temperaturas.

#### **1.4.1.8 Tolerancia al agua**

Es la propiedad que le permite al líquido para frenos mantener el grado de fluidez requerido para accionar el sistema de frenos cuando se incorpora agua y se somete a bajas temperaturas. Adicionalmente se verifica que el producto conserve su apariencia original después del enfriamiento y posterior calentamiento.

#### **1.4.1.9 Compatibilidad**

Es la propiedad que posee el líquido de frenos que consiste en la posibilidad de mezclarse con otro líquido especial de pruebas y conservar sus propiedades físicas aun cuando este se someta a la acción de temperaturas altas y bajas.

#### **1.4.1.10 Corrosión en especímenes metálicos.**

Esta prueba determina el nivel de protección que brindan los inhibidores de corrosión presentes en el líquido para frenos. El resultado está dado por el cambio de masa en una serie de metales representativos de los componentes del sistema de frenado.

#### **1.4.1.11 Resistencia a la oxidación**

Esta prueba determina el nivel de protección que brindan los inhibidores de oxidación presentes en el líquido para frenos. El resultado está dado por el cambio de masa en las laminillas de hierro de fundición y aluminio.

#### **1.4.1.12 Efecto sobre Hule**

Con esta prueba se identifican los cambios que experimentan los hules con que se fabrican las gomas y los sellos de los sistemas de frenado de los vehículos automotores al ponerse en contacto con el líquido para frenos.

GOMAS SBR: Estas gomas están hechas de estireno y butadieno, en ellas se evalúa el incremento del diámetro y la pérdida de dureza posterior a que se sometieran a altas temperaturas.

#### **1.4.1.13 Determinación del porcentaje de Humedad**

Esta prueba no está dentro del alcance de la acreditación del laboratorio, sin embargo, es una prueba que se utiliza para cuantificar el porcentaje de humedad en una muestra líquida, lo que nos auxilia a determinar qué tan húmedo se encuentra el líquido de frenos.

También es una prueba que es necesario realizar a petición del cliente ya que este de igual manera que las anteriores pruebas es un parámetro a evaluar y este obligatoriamente tiene que estar dentro de especificación, aunque no se encuentre dentro del alcance del laboratorio acreditado.

#### **1.5 Quality Core Tools**

Son un conjunto de herramientas principalmente usadas en el sector automotriz y son necesarias para implantar un sistema de gestión de calidad de la industria automotriz. Estas son utilizadas con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente y obtener el máximo beneficio de la implementación de la norma IATF 16949 2016.

Algunas de estas herramientas están enfocadas al análisis de riesgo, otras están enfocadas al control estadístico de las variables críticas del proceso y otras se dedican a la formalidad de los documentos y registros.

Las Herramientas que conforman a las Quality Core Tools son las siguientes:

- APQP (Advanced Product Quality Planning)
- CP (Control Plan)
- FMEA (Failure Mode & Effects Analysis)
- SPC (Statistical Process Control)
- MSA (Measurement Systems Analysis)
- PPAP (Part Production Approval Process)

El MSA es la herramienta que utilizaremos para poder realizar este estudio, nos proporcionara información detallada de los requerimientos, de los criterios de aceptación y de la información necesaria para poder completar este requerimiento.

#### **1.6 MSA Versión: 4 (2010) AIAG**

Este manual de referencia fue desarrollado por el grupo de trabajo de análisis de sistemas de medición (MSA), autorizado por el grupo de la fuerza de trabajo para los requerimientos de calidad de proveedores de Chrysler Group LLC, Ford Motor Company y General Motors Corporations, y bajo los auspicios del grupo de acciones de la industria automotriz (AIAG). El grupo de trabajo responsable por esta cuarta edición fue Michael Down (General Motors Corporation), Frederick Czubak (Chrysler group LLC), Gregory Gruska (Omnex), Steve Stahley (Cummins, Inc.) y David Benham.

El manual es una introducción al análisis de sistemas de medición. No tiene la intención de limitar la evolución de métodos de análisis adecuados a procesos o géneros de productos particulares. Aun y cuando estos lineamientos se pretenden cubran normalmente situaciones de sistemas de medición que ocurren, puede haber

preguntas que surjan. Estas preguntas debieran dirigirse a sus representantes autorizados de los clientes.

**Tabla 1.5** Guía Rápida de 4ª Edición de MSA

<b>Tipo de sistema de medición</b>	<b>Métodos MSA</b>	<b>Capítulo</b>
Variables básicas	Rango, promedios y rangos, ANOVA, Sesgo, Linealidad, Graficas de control.	III
Atributos básicos	Detección de señales, Análisis de Hipótesis.	III
No replicables (ej., Pruebas Destructivas)	Enfoques alternativos	IV
Variables Complejas	Rango, promedios y rangos, ANOVA, Sesgo, Linealidad, Graficas de control.	III, IV
Sistemas Múltiples, gages o stands de pruebas.	Graficas de control, ANOVA, Análisis de Regresión.	III, IV
Misceláneos	Enfoques alternativos	IV
Otros	Artículos disponibles en el sitio web de AIAG	

### 1.6.1 Guías y lineamientos generales para sistemas de medición

Los datos de mediciones son usados más a menudo y en más formas que antes. Por ejemplo, la decisión de ajustar un proceso de manufactura o no, comúnmente se basa ahora en datos de mediciones. Los datos de mediciones, o alguna estadística calculada de estos, son comparados con los límites de control estadísticos del proceso, y si la comparación indica que el proceso está fuera de control estadístico, entonces se hace un ajuste de algún tipo. De lo contrario, al proceso se le permite trabajar sin ajustes. Otro uso de datos de mediciones es para determinar si existe una relación significativa entre dos o más variables. Por ejemplo, puede sospecharse que una dimensión crítica de una parte plástica moldeada se relaciona con la temperatura del material de alimentación. Esa posible relación puede ser estudiada usando un procedimiento estadístico llamado análisis de regresión para comparar las mediciones de la dimensión crítica con las mediciones de la temperatura del material de alimentación.

Los estudios que exploren tales relaciones son ejemplos de lo que el Dr. W.E. Deming llamo estudios analíticos. En general, un estudio es aquel que incrementa el conocimiento del sistema de causas que afectan el proceso. Los estudios analíticos son uno de los más importantes que usan datos de mediciones por que se dirigen finalmente a un mejor entendimiento de los procesos.

El beneficio de usar un procedimiento basado en datos es ampliamente determinado por la calidad de los datos de medición usados. Si la calidad de los datos es baja, es muy probable que el beneficio del procedimiento sea muy bajo. Igualmente, si la calidad de los datos es alta, es muy probable que el beneficio sea alto.

Para asegurar que el beneficio derivado de los datos de medición usados sea altamente suficiente para garantizar el costo de su obtención, se requiere enfocar atención en la calidad de los datos.

### **1.6.2 Propósito**

El propósito de este documento es presentar los lineamientos para evaluar la calidad de un sistema de medición. Aunque los lineamientos son generales y suficientes para ser usados en cualquier sistema de medición, se pretende sean usados principalmente para sistemas de medición en el mundo industrial. No se pretende que este documento sea un compendio de análisis para todos los sistemas de medición. Su enfoque principal es en sistemas de medición donde puedan replicarse lecturas de cada parte. Muchos de los análisis son útiles con otros tipos de sistemas de medición y el manual contiene referencias y sugerencias. Se recomienda que sean consultadas fuentes estadísticas competentes para situaciones más complejas o inusuales descritas aquí. No se cubre en este manual la aprobación requerida por los clientes para métodos de análisis de sistemas de medición.

### **1.6.3 Propiedades estadísticas de los sistemas de medición**

Un sistema de medición ideal produciría solo mediciones correctas cada vez que se usara. Cada medición acordaría siempre con alguna norma o estándar. Un sistema de mediciones que pudiera producir mediciones tales, sería aquel que tuviera propiedades estadísticas de varianza cero, sesgo cero, y probabilidad cero de clasificar incorrectamente cualquier producto medido. Desafortunadamente, los sistemas de medición con tales propiedades deseables raramente existen, y los gerentes de procesos, generalmente son forzados a usar sistemas de medición que tienen menos propiedades estadísticas deseables. La calidad de un sistema de medición es generalmente determinada solo por propiedades estadísticas de los datos que produce en el tiempo. Otras propiedades, tales como costo, facilidad de uso, etc., son también importantes y contribuyen a un buen sistema de medición global. Aunque son las propiedades estadísticas de los datos producidos lo que determina la calidad del sistema de medición.

La administración tiene la responsabilidad de identificar las propiedades estadísticas más importantes para el uso final de los datos. La administración tiene también la responsabilidad de asegurar que dichas propiedades sean usadas como una base para la selección de un sistema de medición. Para lograr esto, se requieren las definiciones operacionales de las propiedades estadísticas, así como métodos aceptables de medición de estas. Aunque cada sistema de medición puede requerir contar con diferentes propiedades estadísticas, existen ciertas propiedades fundamentales que definen un buen sistema de medición. Estas incluyen:

- 1) Discriminación y sensibilidad adecuadas. Los incrementos de medición debieran ser pequeños relativos a la variación del proceso o límites de especificación para propósitos de mediciones. La comúnmente conocida como regla 10 o regla 1 a 10, establece que la discriminación del instrumento debiera dividir la tolerancia (o variación del proceso) en 10 partes o más. Esta regla empírica tiene la intención de ser un punto mínimo inicial y práctico para selección de gages.
- 2) El sistema de medición debe estar en control estadístico. Esto significa que, bajo condiciones repetidas, la variación en el sistema de medición es debida solo a causas comunes y no a causas especiales. Esto puede referirse como estabilidad estadística y es mejor evaluado por métodos gráficos.
- 3) Para control del producto, la variabilidad del sistema de medición debe ser pequeña comparada con los límites de especificación. Evalúa el sistema de medición con respecto a las tolerancias de la característica.
- 4) Para control del proceso, la variabilidad del sistema de medición debe mostrar una resolución efectiva y ser pequeño comparado con la variación del proceso de manufactura. Evalúa el sistema de medición con la variación de un proceso 6 sigma y/o la variación total del estudio MSA.

Las propiedades estadísticas del sistema de medición pueden cambiar conforme los artículos a ser medidos varíen. Si es así, entonces la variación más grande (peor) del sistema de medición es pequeña en relación a lo más pequeño de la variación del proceso o de los límites de especificación.

#### **1.6.4 Fuentes de Variación**

Similar a todos los procesos, el sistema de medición es impactado por fuentes de variaciones aleatorias y sistemáticas. Estas fuentes de variación son debidas a causas comunes y especiales. A fin de controlar la variación de un sistema de medición:

- 1) Identificar las fuentes potenciales de variación.
- 2) Elimina (cuando sea posible) o monitorea estas fuentes de variación.

Aunque las causas especiales dependen de la situación, pueden identificarse algunas fuentes de variación típicas. Existen diferentes métodos para presentar y categorizar estas fuentes de variación tales como diagramas de causa y efecto, diagramas de árbol de falla, etc., aunque los lineamientos presentados aquí se enfocan a elementos principales de un sistema de medición.

El acrónimo PPIPM es usado para representar los seis elementos esenciales de un sistema de medición en general para asegurar el logro de los objetivos requeridos. P.P.I.P.M. significa Patrón, Pieza de trabajo, Instrumento, Persona, Procedimiento y Medio Ambiente. Este puede tomarse como un modelo de errores para un sistema de medición completo.

Los factores que afectan estas seis áreas necesitan ser entendidos de manera que puedan ser controlados o eliminados.

La figura (Diagrama de pescado) despliega un diagrama de causas y efectos que muestran algunas de las fuentes de variación potenciales. (Ver Anexo No. 2)

### **1.6.5 Efectos de la variabilidad de los sistemas de medición**

Debido a que un sistema de medición puede ser afectado por varias fuentes de variación, lecturas repetidas sobre la misma parte no producen un mismo e idéntico resultado. Las lecturas varían una de otra debido a causas comunes y especiales.

Los efectos de las diferentes fuentes de variación en un sistema de medición deberían evaluarse en periodos de tiempo cortos y largos. La capacidad de un sistema de medición es el error (aleatorio) del sistema de medición mismo en un periodo de tiempo corto. La combinación de errores es cuantificada con la linealidad, uniformidad, repetibilidad y reproducibilidad. El desempeño de un sistema de medición, así como el desempeño de un proceso, es el efecto de todas las fuentes de variación en el tiempo. Esto se logra determinando si nuestro proceso está en control estadístico (ej., estable y consistente; variaciones debidas solo a causas comunes), esta sobre meta (sin sesgo) y tiene una variación aceptable (repetibilidad y reproducibilidad de gages (RRGs)) sobre un rango de resultados esperados. Esto incrementa la estabilidad y consistencia a la capacidad de un sistema de medición.

### **1.6.6 Fuentes potenciales de variación**

#### **1.6.6.1 Discriminación**

Es la cantidad de cambio de un valor de referencia que un instrumento puede detectar y fielmente indicar. Esto también referido como facilidad de lectura o resolución.

La medida de esta habilidad típicamente es el valor de la graduación más pequeña sobre la escala del instrumento. Si el instrumento cuenta con graduaciones “toscas”, entonces puede usarse media graduación. Una regla empírica general es que la discriminación del instrumento de medición debe contar con al menos una décima del rango a medir.

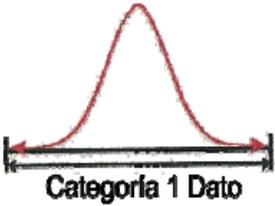
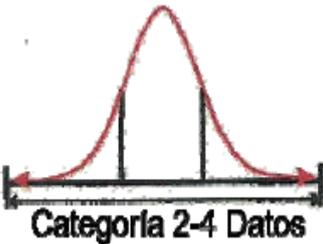
Tradicionalmente este rango se ha tomado como una especificación del producto. Recientemente la regla 10 a 1 se ha interpretado para significar que el equipo de medición es capaz de discriminar al menos una décima de variación del proceso. Esto es consistente con la filosofía de mejora continua.

Debido a las limitaciones económicas y físicas, el sistema de medición no percibe todas las partes de la distribución de un proceso como si fueran características medidas por separado o diferentes. En lugar de ellos, las características medidas serían agrupadas por los valores medidos en categorías de datos. Todas las partes de la misma categoría de datos tendrán el mismo valor para la característica medida.

Si el sistema de medición no cuenta con una discriminación (sensibilidad o resolución efectiva), puede no ser un apropiado sistema para identificar la variación del proceso o cuantificar los valores de las características individuales de una parte. Si tal es el caso,

debieran usarse mejores técnicas de medición. La discriminación es inaceptable para análisis si no se puede detectarse la variación por causas especiales.

**Tabla 1.6** Impacto de número de categorías distintas (NCD) de la distribución del proceso en actividades de análisis y control

Numero de categorías	Control	Análisis
	<p>Puede ser usado solo para control si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La variación del proceso es pequeña comparada con las especificaciones.</li> <li>- La función de perdida es plana sobre la variación del proceso esperada.</li> <li>- La fuente de variación principal provoca un cambio en el promedio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>No aceptable</b> para estimar índices y parámetros del proceso.</li> <li>- Solo indica si el proceso está fabricando partes conformes o no conformes.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede ser usado con técnicas de control de semi-variables basadas en la distribución del proceso.</li> <li>- Puede producir grafica de variables no sensibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generalmente no aceptable para estimar parámetros e índices del proceso dado que solo ofrece estimativos "burdos"</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede ser usada con graficas de control para variables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Recomendable</b></li> </ul>

### 1.6.6.2 Variación del proceso de medición

Para la mayoría de los procesos de medición, la variación total de las mediciones es usualmente descrita como una distribución normal. La probabilidad normal es un supuesto de los métodos estándar para análisis de sistemas de medición. De hecho, existen sistemas de medición que no son distribuidos normalmente. Cuando esto pasa, y se asume normalidad, el método MSA puede sobre estimar el error del sistema de medición. El analista de mediciones debe reconocer y corregir evaluaciones para sistemas con mediciones no normales.

### 1.6.6.3 Variación de las instalaciones

#### 1.6.6.3.1 Exactitud

Un concepto genérico de lo exacto en relación a que tan cerca se ha acordado entre el promedio de uno o más resultados medidos y un valor de referencia. El proceso de medición debe estar en estado de control estadístico, de lo contrario la exactitud del proceso no tiene significado.

#### 1.6.6.3.2 Sesgo

El sesgo es a menudo referido como “exactitud”. Debido a que la “exactitud” tiene varios significados en la literatura.

Sesgo es la diferencia entre el valor verdadero (valor de referencia) y el promedio observado de las mediciones sobre la misma característica y la misma parte.

Posibles causas para un sesgo excesivo son:

- El instrumento necesita calibración
- Instrumento, equipo o dispositivo desgastado
- Máster dañado o desgastado, error en el máster
- Calibración o uso de un máster de ajuste inapropiados
- Instrumento de baja calidad
- Error de linealidad
- Gage equivocado para la aplicación
- Diferente método de medición, ajuste, carga, sujeción, técnica.
- Medición de característica equivocada
- Distorsión (del gage o la parte)
- Medio ambiente (temperatura, humedad, vibración, limpieza).
- Violación a algún supuesto, error en la aplicación de una constante
- Aplicación (tamaño de parte, posición, habilidad del operador, fatiga, error de observación).



Figura 1.1 Diagrama del sesgo

### 1.6.6.3.3 Estabilidad

Estabilidad (o cambio) es la variación total en las mediciones obtenida con un sistema de medición sobre el mismo máster o partes cuando se mida una característica misma sobre un periodo de tiempo extenso. Esto es, la estabilidad es un cambio en sesgo en el tiempo.

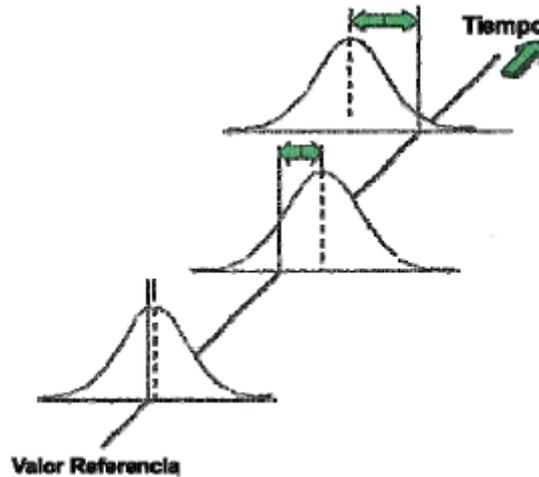


Figura 1.2 Diagrama de la estabilidad

Posibles causas para inestabilidad incluyen:

- El instrumento necesita calibración, reducir el intervalo de calibración.
- Instrumento, equipo o dispositivo desgastado.
- Desgaste normal u obsolescencia
- Mantenimiento deficiente (aire, energía eléctrica, hidráulico, filtros, corrosión, oxidación, limpieza).
- Máster desgastado o dañado, error en el máster
- Calibración o uso del máster para ajuste inapropiados
- Instrumento de calidad deficiente (diseño o conformancia)
- Falta de robustez en el diseño del instrumento o método
- Método de medición diferente (ajuste, carga, sujeción, técnica)
- Distorsión (del gage o la parte)
- Cambio ambiental (temperatura, humedad, vibración, limpieza)
- Violación a un supuesto, error en la aplicación de una constante
- Aplicación (tamaño de parte, posición, habilidad del operador, fatiga, error de observación).

### 1.6.6.3.4 Linealidad

La diferencia de sesgo a través del rango (de medición) de operación esperado del equipo es llamada linealidad. La linealidad puede tomarse como un cambio de sesgo con respecto al tamaño.

Posibles causas para errores de linealidad incluyen:

- El instrumento necesita calibración, reducir el intervalo de calibración
- Instrumento, equipo o dispositivo desgastado.
- Mantenimiento deficiente (aire, energía eléctrica, hidráulico, filtros, corrosión, oxidación, limpieza).
- Master desgastado o dañado, error en el masters mínimo / máximo
- Calibración (no cubriendo el rango de operación) o uso de los masters de ajuste inapropiados.
- Calidad deficiente del instrumento (diseño o conformancia)
- Falta de robustez en el diseño del instrumento o método
- Gage equivocado para la aplicación
- Diferente método de medición (ajuste, carga, sujeción, técnica)
- Cambios de distorsión (del gage o la parte) con el tamaño de las partes
- Cambio ambiental (temperatura, humedad, vibración, limpieza)
- Violación a un supuesto, error en la aplicación de una constante
- Aplicación (tamaño de parte, posición, habilidad del operador, fatiga, error de observación).

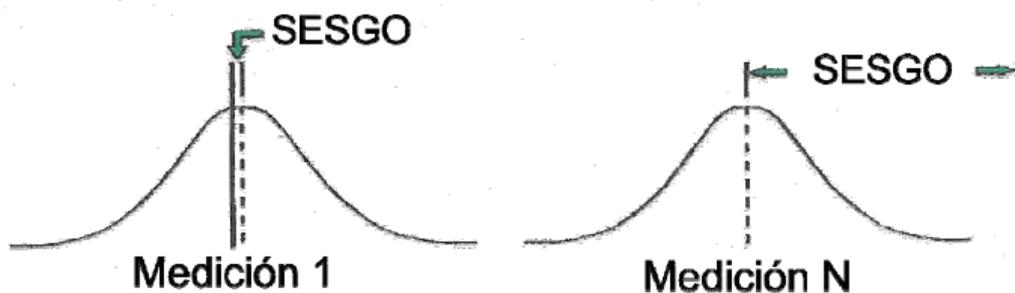


Figura 1.3 Diagrama de Linealidad

#### 1.6.6.4 Variación de amplitud

##### 1.6.6.4.1 Precisión

Tradicionalmente, la precisión describe el efecto neto de la discriminación, sensibilidad y repetibilidad sobre un rango de operaciones (tamaño, rango y tiempo) del sistema de medición. En algunas organizaciones la precisión es muy a menudo usada para describir la variación esperada de las mediciones repetidas sobre el rango de medición; tal rango puede ser tamaño o tiempo. Se podría decir que la precisión es que tan repetible la linealidad es con respecto al sesgo.

##### 1.6.6.4.2 Repetibilidad

Este es tradicionalmente referido como variabilidad “dentro del mismo evaluador”. Repetibilidad es la variación en las mediciones obtenida con un instrumento de medición, cuando se use varias veces por un evaluador y midiendo la misma característica y sobre la misma parte. Esta es la variación o habilidad inherente del equipo mismo. Repetibilidad es comúnmente referida como la variación del equipo (EV), aunque esto puede ser dudoso. De hecho, repetibilidad es una variación de causa

común (error aleatorio) de intentos sucesivos y bajo condiciones definidas de medición. El mejor término para repetibilidad es variación dentro del sistema cuando las condiciones de medición están ajustadas y definidas, parte ajustada, instrumento, estándar, método, operador, medio ambiente y supuestos. Adicional a la variación dentro del equipo, la repetibilidad incluye todas las variaciones internas de cualquier condición en el modelo de errores.

Posibles causas para una repetibilidad deficiente incluyen:

- Dentro de la parte (muestra): forma, posición, acabado en la superficie, cerilla, consistencia de la muestra.
- Dentro del instrumento: reparación, montaje, falla en el equipo o dispositivo, calidad o mantenimiento deficiente.
- Dentro del estándar: calidad, clase, montaje
- Dentro del método: variación en ajuste, técnica, restablecimiento a cero, fijación, sujeción, densidad de punto.
- Dentro del evaluador: técnica, posición, falta de experiencia, habilidad de manejo o entrenamiento, sentimiento, fatiga.
- Dentro del medio ambiente: fluctuaciones de ciclo cortó en temperatura, humedad, vibración, iluminación, limpieza.
- Violación a algún supuesto (estable, operación apropiada)
- Falta de robustez en el diseño del instrumento o método, uniformidad deficiente.
- Gage equivocado para la aplicación.
- Distorsión (del gage o la parte), falta de rigidez
- Aplicación (tamaño de la parte, posición, error de observación)

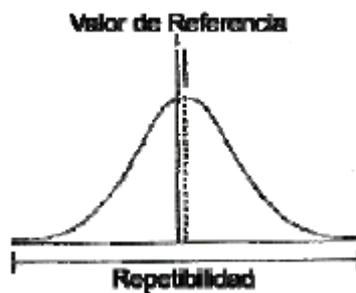


Figura 1.4 Diagrama de la repetibilidad

#### 1.6.6.4.3 Reproducibilidad

Este tradicionalmente se refiere a la variabilidad “entre evaluadores”. La reproducibilidad es típicamente definida como la variación en el promedio de las mediciones hechas por diferentes evaluadores usando el mismo equipo de medición cuando se mide la misma característica y sobre la misma parte. Esto a menudo es verdad para instrumentos manuales influenciados por la habilidad del operador. Esto no es verdad, sin embargo, para procesos de medición (ej., sistemas automatizados)

donde el operador no es una fuente principal de variación. Por esta razón, la reproducibilidad se refiere a la variación promedio entre sistemas o entre condiciones de medición.

Fuentes potenciales de errores en la reproducibilidad incluyen:

- Entre las partes (muestras): el promedio de las diferencias cuando se miden tipos de partes A, B, C, etc. Usando el mismo instrumento, operadores y método.
- Entre instrumentos: el promedio de las diferencias usando instrumentos A, B, C, etc. Para las mismas partes, operadores y medio ambiente.
- Entre estándares: la influencia promedio de los diferentes estándares de ajuste en el proceso de medición.
- Entre métodos: el promedio de las diferencias causado por cambiar las densidades de punto, sistemas manuales vs automatizados, restablecimiento a cero, métodos de sostenimiento o sujeción, etc.
- Entre evaluadores (operadores): la diferencia promedio entre operadores A, B, C, etc. Causada por entrenamiento, técnica, habilidades y experiencia. Este es un estudio recomendado para calificación de producto y el proceso y con un instrumento de medición manual.
- Entre el medio ambiente: la diferencia promedio en las mediciones en el tiempo 1, 2, 3, etc. Causado por ciclos ambientales; este es el estudio más común para sistemas altamente automatizados en la calificación del producto y el proceso.
- Violación de un supuesto en el estudio.
- Falta de robustez en el diseño del instrumento o método.
- Efectividad en el entrenamiento del operador.
- Aplicación (tamaño de la parte, posición, error de observación)

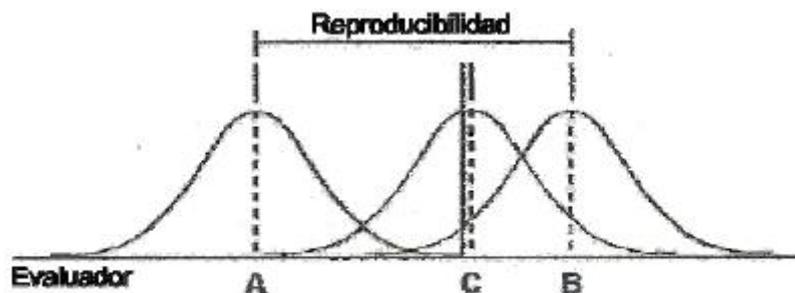


Figura 1.5 Diagrama de la reproducibilidad

#### 1.6.6.4.4 R&R de Gages o RRGs

El R&R de un gage es un estimativo de la variación combinada de la repetibilidad y la reproducibilidad. Establecido de otra manera, el RRG es la varianza e igual a la suma de las varianzas dentro y entre los sistemas.

$$\sigma^2_{RRG} = \sigma^2_{reproducibilidad} + \sigma^2_{repetibilidad}$$

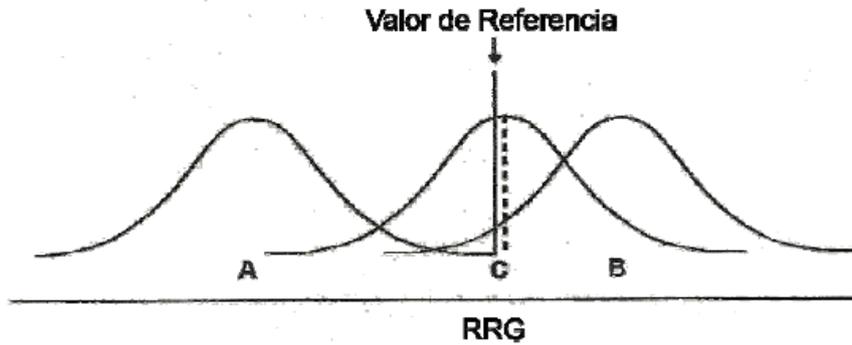


Figura 1.6 Diagrama del RRGs

#### 1.6.6.4.5 Sensibilidad

Sensibilidad es la entrada más pequeña que resulte en una señal resultado detectable. Es la respuesta del sistema de medición a cambios en la propiedad medida. Es la respuesta del sistema de medición a cambios en la propiedad medida. La sensibilidad es determinada por el diseño del gage (discriminación), su calidad inherente, el mantenimiento en servicio y las condiciones de operación del instrumento y estándar. Siempre es reportada como una unidad de medida.

Los factores que afectan la sensibilidad incluyen:

- La habilidad para humedecer un instrumento
- Habilidad del operador
- Repetibilidad del dispositivo de medición
- La habilidad para ofrecer un cambio libre en la operación en el caso de gages electrónicos o neumáticos.
- Condiciones bajo las cuales el instrumento es usado tales como ambiente, aire, polvo, humedad.

#### 1.6.6.4.6 Consistencia

Consistencia es la diferencia en la variación de las mediciones tomadas en el tiempo. Puede ser vista como repetibilidad en el tiempo.

Los factores que impactan la consistencia son variaciones de causas especiales tales como:

- Temperatura de las partes
- Calentamiento requerido para equipo electrónico
- Equipo desgastado

#### 1.6.6.4.7 Uniformidad

Uniformidad es la diferencia en la variación a lo largo del rango de operación del gage. Puede considerarse que existe homogeneidad (similitud) de la repetibilidad en el tamaño.

#### 1.6.7 Preparación para un estudio de un sistema de medición

Como en cualquier estudio o análisis, la planeación y preparación suficiente debe ser hecha previo a la conducción de un estudio de un sistema de medición. La preparación típica y previa para conducir el estudio es como sigue:

- 1) El enfoque a usar debiera planearse. Por ejemplo, determinar usando juicio de ingeniería, observaciones visuales o un estudio de un gage, si existe la influencia de un evaluador en la calibración o uso del instrumento. Existen algunos sistemas de medición donde el efecto de la reproducibilidad puede ser considerado como insignificante; por ejemplo, cuando se oprime un botón y se imprime un número.
- 2) El número de evaluadores, número de partes de la muestra y número de lecturas repetidas debiera determinarse por anticipado. Algunos factores a considerar en esta selección son:
  - (a) Criticalidad de la dimensión: las dimensiones críticas requieren más partes y/o intentos. La razón es el grado de confiabilidad deseado para estimaciones del estudio de un gage.
  - (b) Configuración de la parte: las partes a granel o pesadas pueden determinar el que sean pocas muestras y más intentos.
- 3) Dado que el propósito es evaluar el sistema de medición total, los evaluadores elegidos debieran ser seleccionados de aquellos que normalmente operan el instrumento.
- 4) La selección de las partes de una muestra es crítico para un análisis apropiado y depende totalmente del diseño del estudio MSA, del propósito del sistema de medición y de la disponibilidad de las muestras de las partes que representen el proceso de producción.

Las muestras pueden seleccionarse tomando una muestra por día por varios días. Esto es necesario porque las partes serán tratadas en el análisis como si representaran el rango de variación de la producción en el proceso. Dado que cada parte será medida varias veces, cada parte debe numerarse para identificación.
- 5) El instrumento debiera contar con una discriminación tal que permita al menos un décimo de la variación del proceso esperado de la característica sea leído directamente. Por ejemplo, si la variación de la característica es 0.001, el equipo debiera ser capaz de “leer” un cambio de 0.0001.
- 6) Asegura que el método de medición (ej., evaluador e instrumento) está midiendo la dimensión de la característica y siguiendo un procedimiento.

La manera en la cual se conduce un estudio es muy importante. Todos los análisis presentados en este manual asumen independencia estadística de las lecturas

individuales. Para minimizar la probabilidad de resultados no confiables, necesitan tomarse los siguientes pasos:

- 1) Las mediciones debieran tomarse en un orden aleatorio para asegurar cualquier impulso o cambio que pudiera ocurrir y hacer un estudio totalmente aleatorio. Los evaluadores no debieran ser advertidos de cual número de parte está siendo checada a fin de evitar cualquier posible sesgo por conocimiento. Sin embargo, la persona que conduce el estudio debiera saber cuál es la parte numerada que está siendo checada y registrar los datos como tales, esto es, Evaluador A, parte 1, primer intento; Evaluador B, parte 4, segundo intento, etc.
- 2) En la lectura del equipo, los valores de mediciones debieran registrarse en un límite práctico con la discriminación del instrumento. Los dispositivos mecánicos deben leerse y registrarse con las unidades más pequeñas de la discriminación de la escala. Para lecturas electrónicas, el plan de mediciones debe establecer una política común para registrar el dígito de la derecha más significativo en el display. Los dispositivos análogos debieran registrar en un medio de la graduación más pequeña o el límite de sensibilidad o resolución. Para dispositivos análogos si la más pequeña de la escala es 0.0001, entonces los resultados de las mediciones debieran registrarse en 0.00005.
- 3) El estudio debiera ser administrado y observado por una persona que entienda la importancia de conducir un estudio confiable.

#### **1.6.8 Análisis de resultados.**

Los resultados debieran evaluarse para determinar si el dispositivo de medición es aceptable para su aplicación esperada. Un sistema de medición debiera ser estable antes de ser válido en cualquier análisis adicional.

##### **1.6.8.1 Criterios de aceptación**

Los criterios para saber si la variabilidad de un sistema de medición es satisfactoria depende del porcentaje de la variabilidad del proceso de manufactura / producción o de la tolerancia de la parte que es consumida por la variación del sistema de medición. Los criterios de aceptación final para sistemas de medición específicos dependen del medio ambiente y propósito del sistema de medición y debieran ser acordados con el cliente.

Para sistemas de medición cuyo propósito es analizar un proceso, los lineamientos y guías generales para la aceptación de un sistema de medición son como sigue:

**Tabla 1.7** Criterios RRG

<b>GRR</b>	<b>Decisión</b>	<b>Comentarios</b>
Abajo del 10 %	Generalmente considerado como un sistema de medición aceptable.	Recomendado, especialmente útil cuando se trate de separar o clasificar partes o cuando se requiere cerrar el control del proceso.
Del 10% al 30%	Puede ser aceptable para algunas aplicaciones	La decisión debiera basarse en, por ejemplo, importancia de las mediciones en la aplicación de costos de dispositivos de medición, costos de retrabajos o reparaciones.  Debiera ser aprobado por el cliente.
Arriba del 30%	Se considera inaceptable	Debiera hacerse todo esfuerzo por mejorar el sistema de medición.  Esta condición puede ser abordada por el uso de una estrategia de mediciones apropiada; por ejemplo, usando el resultado promedio de varias lecturas sobre la misma característica de la parte, a fin de reducir la variación final en las mediciones.

### 1.6.9 Determinar la repetibilidad y reproducibilidad

El estudio de gages de variables puede ser ejecutado usando un diferente número de diferentes técnicas. Tres métodos aceptables son los que se utilizan para este estudio. Estos son:

- Método de los rangos
- Método de los promedios y rangos (incluyendo el método de las gráficas de control.
- Método ANOVA

Excepto para el método de los rangos, el diseño de los datos para el estudio es muy similar para cada uno de los métodos. Se prefiere el método ANOVA por que mide el error del gage por la interacción entre el operador y las partes, mientras que los métodos de los rangos y promedios y los rangos no incluyen esta variación.

Sin embargo, el sistema de medición total incluye no solo el gage mismo y su sesgo respectivo, repetibilidad, etc., si no también puede incluir la variación de las partes a

ser checadas. La determinación de cómo manejar la variación dentro de las partes necesita basarse en un entendimiento racional del uso esperado de la parte y el propósito de las mediciones.

#### **1.6.9.1 Método de análisis de varianzas (ANOVA)**

El análisis de varianzas (ANOVA) es una técnica estadística y estándar que puede ser utilizada para analizar los errores de las mediciones y otras fuentes de variabilidad de los datos en un estudio de sistemas de medición. En el análisis de varianzas, la varianza puede ser seccionada en 4 categorías: partes, evaluadores, interacción entre las partes y evaluadores y error de replicación debida al gage.

Las ventajas de las técnicas ANOVA, comparadas con los métodos de promedios y rangos, son que:

- Son capaces de manejar cualquier ajuste experimental
- Pueden estimar las varianzas en forma más exacta
- Extractan más información (tal como el efecto de la interacción de las partes y los evaluadores) de datos experimentales.

Las desventajas son que los cálculos numéricos son más complejos y los usuarios requieren un cierto grado de conocimiento estadístico para interpretar los resultados. El método ANOVA como se describe a continuación es aconsejable especialmente si existe disponible una computadora.

##### **1.6.9.1.1 Aleatoriedad e independencia Estadística.**

El método para recolectar los datos es importante en un método ANOVA. Si los datos no son recolectados en forma aleatoria, esto puede conducir a fuentes de valores de sesgo. Una forma simple para asegurar un diseño balanceado para (n) partes, (k) evaluadores y (r) intentos es a través de la aleatoriedad. Un enfoque común para aleatoriedad es escribir A1 en una tira de papel para denotar las mediciones del primer evaluador sobre la primer parte.

Hacer esto hasta A(n) para las mediciones del primer evaluador en las n partes. Sigue el mismo procedimiento para el siguiente evaluador hasta incluir los k evaluadores. Símbolos similares son usados donde B1, C1 denotan las mediciones para los evaluadores A y B de la primera parte. Una vez todas las combinaciones nk son escritas, entonces las tiras de papel son puestas en un recipiente. Una tira de papel es seleccionada a la vez. Estas combinaciones (A1, B1, ...) son el orden de medición en el cual el estudio de gages será ejecutado. Una vez que todas las combinaciones nk son seleccionadas, estas son puestas de regreso en el recipiente y el procedimiento se sigue otra vez. Esto se hace para un total de r veces para determinar el orden de experimentos para cada repetición.

Existen enfoques alternativos para generar una muestra aleatoria. Debiera ponerse cuidado para diferenciar entre el muestreo aleatorio, arbitrario y conveniente.

En general todos los esfuerzos necesitan tomarse para asegurar independencia estadística dentro del estudio.

### **1.6.10 Conducción del estudio**

#### **1.6.10.1 Cálculos Numéricos**

Aunque los valores pueden calcularse manualmente, la mayoría de la gente usa programas de computadora para generar lo que se llama tabla de análisis de varianzas.

La tabla ANOVA aquí se compone de 5 columnas:

- La columna de Fuentes es la causa de la variación
- La columna de DF que son los grados de libertad asociados con la fuente
- La columna de SS o suma de cuadrados es la desviación alrededor del promedio de la fuente.
- La columna MS promedios al cuadrado es la suma de los cuadrados dividido entre los grados de libertad.
- La columna de la razón o proporción F, calculada para determinar la significancia estadística del valor de la fuente.

La tabla de ANOVA es usada para seccionar la variación total en cuatro componentes: partes, evaluadores, interacción de los evaluadores y las partes y la repetibilidad debida al instrumento.

Para propósitos de análisis, los componentes de varianzas negativas se fijan en cero.

Esta información es usada para determinar las características del sistema de medición como en el método de promedios y rangos.

#### **1.6.10.2 Análisis de estudios RRG**

Los métodos de promedios y rangos y ANOVA ofrecen información relativa a las causas de la variación de un sistema de medición o gages.

Por ejemplo, si la repetibilidad es grande comparada con la reproducibilidad, las razones pueden ser:

- El instrumento necesita mantenimiento
- El gage puede requerir ser rediseñado para ser más rígido
- La sujeción o localización del gage necesita mejorarse
- Existe una variación dentro de la parte excesiva.

Si la reproducibilidad es más grande comparada con la repetibilidad, entonces las posibles causas podrían ser:

- El evaluador ser mejor entrenado en cómo usar y leer el instrumento del gage.
- Las calibraciones del gage no son claras.

El dispositivo de algún tipo puede requerir el ayudar al evaluador a usar el gage más consistentemente.

## **2. METODOLOGÍA**

Una vez entendidos y comprendidos las directrices y recomendaciones del manual MSA se procede a estructurar la realización de dichos estudios.

### **2.1 Programación de las Pruebas**

Para la programación de las pruebas es necesario considerar la capacidad máxima del laboratorio, debido a que por mes se pueden realizar 12 análisis, se ha declarado que se realizaran 4 análisis de muestras de clientes externos más la primer muestra de cada mes de DOT 3 y DOT 4 dando un total de 6, mientras que las 6 restantes serán las muestras que se utilizaran para la realización del estudio R&R.

**Tabla 2.1** Programación de pruebas para estudio R&R

PRUEBA	P	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Temperatura de ebullición a reflujo equilibrado													
Temperatura de ebullición en húmedo a reflujo equilibrado													
Viscosidad cinemática													
Valor del pH													
Estabilidad a alta temperatura													
Estabilidad química													
Fluidez y apariencia a bajas temperaturas													
Tolerancia al agua													
Compatibilidad													
Corrosión													
Oxidación													
Efecto sobre hule SBR													
Humedad													

## 2.2 Protocolo de ejecución

En el protocolo de ejecución se llevan a cabo distintos pasos, en este se mencionan los detalles del estudio, menciona el número de operadores, los lotes y el nombre de la parte que se tiene que utilizar para la elaboración del estudio. Estos detalles son:

- El líquido de frenos que se utilizara para el estudio es el DOT 3, ya que es el que se produce con mayor frecuencia y se encuentra en mayor cantidad sin mencionar que se encuentra dentro del alcance de la certificación.
- Seleccionar al personal que participara en el estudio, como lo indica el manual de preferencia sería el personal que este en contacto con los equipos o instrumentos que se utilicen para determinar la variable en cuestión. Para este caso serán tres operadores:
  - 1) Ángel Cesar Núñez Leyva
  - 2) Francisco Félix Cabañas Munguía
  - 3) Julio Jesús Pulido Nolasco
- Obtener muestras para al menos 10 lotes diferentes, los lotes serán obtenidos por parte de producción, serán seleccionados los 3ros lotes de cada mes empezando en el mes de marzo. Las muestras serán identificadas de la siguiente manera:  
(Letra del año en que fue fabricado el lote – dígitos del mes en que fue elaborado el lote, dígitos del número de lote)  
A continuación, se mencionan los lotes a utilizar del DOT 3 para el estudio.
  - 1) A-0303
  - 2) A-0403
  - 3) A-0503
  - 4) A-0603
  - 5) A-0703
  - 6) A-0803
  - 7) A-0903
  - 8) A-1003
  - 9) A-1103
  - 10) A-1203
- Como lo indica el MSA todos los instrumentos o equipos que estén involucrados en la determinación de las variables que se encuentren en el plan de control deben de estar calibrados. Por lo cual se generó un check list de los equipos utilizados para el estudio y su estado de calibración. (Ver Anexo No. 1)
- Las repeticiones que se realizaran para este estudio son 3, se estableció este número de repeticiones ya que el número de partes es amplio y no son necesarias más repeticiones.

## **2.3 Ejecución de los análisis**

### **2.3.1 Variables a evaluar**

Es necesario establecer las variables a evaluar, estas variables son las que se encuentran en el plan de control.

Las variables a considerar son las siguientes:

- Temperatura de ebullición a reflujo equilibrado
- Temperatura de ebullición en húmedo a reflujo equilibrado
- Viscosidad cinemática a -40 °C y 100 °C
- Valor del pH
- Estabilidad a alta temperatura
- Estabilidad Química
- Fluidez y apariencia a baja temperaturas
- Tolerancia al agua
- Compatibilidad
- Corrosión en especímenes metálicos
- Resistencia a la oxidación
- Efecto sobre hule SBR
- Porcentaje de humedad

### **2.3.2 Métodos de prueba**

Los métodos de prueba de las variables consideradas para este estudio son tomados de la norma americana FMVSS 116 y a continuación se detalla la metodología para cada una de ellas.

#### **2.3.2.1 Determinación del Punto de ebullición a reflujo equilibrado.**

##### **1.0 PROPOSITO**

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la determinación del punto de ebullición a reflujo en equilibrio.

##### **2.0 ALCANCE**

Este método aplica para la determinación del punto de ebullición a reflujo en equilibrio de líquido para frenos empleado en vehículos automotores

##### **3.0 SEGURIDAD**

3.1 Extreme precauciones durante el desarrollo de esta determinación. Use ropa de algodón, lentes y zapatos de seguridad. Evite el contacto de líquidos con la piel.

3.2 Realice esta prueba dentro de la campana de extracción de vapores, al terminar una prueba permita que el equipo y la muestra regresen a temperatura ambiente antes de proceder con otra corrida.

#### 4.0 MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

4.1 Matraz de 100 ml. con las siguientes características; vidrio pyrex, fondo redondo, cuello corto con junta de 19"/38" y un tubo de entrada lateral de 10 mm de diámetro externo, localizado de tal manera que el tubo del termómetro esté directamente centrado en el matraz a aproximadamente 6,5 mm del fondo. El ensamble del sistema debe incluir un sello de hule SBR o EPDM alrededor del termómetro. (Ver anexo No. 3)

4.2 Condensador de vidrio pyrex tipo tubo con junta esmerilada de 19"/38" y una chaqueta de 200 mm de longitud. (Ver anexo No. 4)

4.3 Termómetro de 76 mm de inmersión calibrado, con un rango de -5 a 300 °C.

4.4 Resistencia para calentamiento incluyendo controlador de temperatura. Debe contar con un material refractario en la parte superior el cual tendrá en el centro un orificio de 32 a 38 mm, de tal manera que el calentamiento directo sea a través de dicho orificio.

4.5 Cronómetro calibrado con subdivisiones de 0.2 segundos.

4.6 Perlas de ebullición de aproximadamente 3 mm de diámetro.

4.7 Material común de laboratorio.

#### 5.0 ACCIONES

5.1 Lave y seque todo el material de vidrio que utilizará.

5.2 Agregue 60 ml de la muestra y 3 o 4 perlas de ebullición al matraz requerido para la prueba.

5.3 Inserte el termómetro de inmersión en la abertura lateral del matraz, hasta que la punta del termómetro debe quedar aproximadamente a 6.5 mm del fondo del matraz.

5.4 Ensamble el matraz al condensador y descanse ambos sobre la abertura de la parrilla de calentamiento.

5.5 Esta determinación debe correrse en un lugar libre de corriente de aire o cambios bruscos de temperatura.

5.6 Abra el suministro de agua al condensador.

5.7 Aplique suficiente calentamiento al matraz de tal manera que en un tiempo de 10 +/- 2 minutos, la muestra se encuentre con un flujo de 1 a 2 gotas/s, sin exceder de 5 gotas/ s.

5.8 Posteriormente, ajuste el calentamiento para mantener una velocidad de reflujo de 1 a 2 gotas/s durante los siguientes 5 +/- 2 minutos.

5.9 Mantenga la velocidad de flujo medida y constante de 1 a 2 gotas/s por un tiempo adicional de 2 minutos y anote el valor de cuatro lecturas de temperatura tomadas a intervalos de 30 segundos.

## 6.0 RESULTADOS

6.1 Corrija el valor de temperatura observada aplicando el factor de corrección obtenido en el informe de calibración del termómetro

6.2 Una vez hecho lo anterior, corrija el valor de temperatura por efecto de la presión atmosférica aplicando la siguiente formula:

$$C = 0.000095 (760-P) (273+T)$$

En donde:

C = Corrección que se debe sumar en °C

P = Presión Barométrica local en mm de Hg.

T = Temperatura de la lectura observada en el termómetro, °C

6.3 La suma del promedio de las lecturas y las correcciones realizadas serán el resultado final de la prueba.

### **2.3.2.2 Determinación del punto de ebullición a reflujo equilibrado en húmedo**

#### 1.0 PROPÓSITO

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la determinación del punto de ebullición a reflujo en equilibrio en húmedo.

#### 2.0 ALCANCE

Este método aplica para la determinación de punto de ebullición a reflujo en equilibrio en húmedo de líquido para frenos empleado en vehículos automotores.

#### 3.0 SEGURIDAD

3.1 Extreme precauciones durante el desarrollo de esta determinación. Use ropa de algodón, lentes y zapatos de seguridad. Evite el contacto de líquidos con la piel.

3.2 Realice esta prueba dentro de la campana de extracción de vapores, al terminar una prueba permita que el equipo y la muestra regresen a temperatura ambiente antes de proceder con otra corrida.

#### 4.0 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADOS

4.1 Dos desecadores de vidrio en forma de tazón con diámetro interno de 250 mm, la tapa debe tener un orificio para tapón de hule del No. 8 en su parte más alta (o dispositivo equivalente). Los platos deben ser de porcelana de 230 mm de diámetro vidriado únicamente en la parte superior, además debe tener perforaciones en toda la superficie. (Ver anexo No. 5)

4.2 Balanza analítica.

4.3 Líquido de referencia Eter monometílico de trietilenglicol grado líquido para frenos (\*SAE TEGME)

4.4 Agua destilada.

4.5 Material común de laboratorio.

4.6 Frascos para prueba de corrosión de forma cilíndrica, partes superiores roscadas, con capacidad aproximada de 475 ml, altura interna de 100 mm y 75 mm de diámetro.

4.7 Tapas de acero estañado que proporcionen sellado hermético

#### 5.0 ACCIONES

5.1 Lave y seque todo el material de vidrio que utilizara.

5.2 Agregue 450 +/- 10 ml de agua destilada al desecador y coloque el plato de porcelana.

5.4 Prepare dos frascos perfectamente secos, en uno vierta 350 +/- 5 ml de líquido de referencia y en el otro agregue un volumen igual de la muestra a probar.

5.5 Coloque ambos frascos dentro de un mismo desecador

5.6 Coloque la tapa al desecador, no sin antes lubricar las juntas.

5.7 Lleve el desecador con los frascos a una estufa con temperatura de 50+/- 1°C

5.8 A intervalos regulares retire el tapón de la tapa del desecador y con una jeringa de aguja larga tome una muestra del frasco que contiene el líquido de referencia, no más de 2 ml.

5.9 Determine el contenido de agua. No debe extraer más de 10 ml durante el proceso de humidificación.

5.10 Cuando el líquido de referencia tenga 3.7 +/- 0.05 % en peso de agua, retire ambos frascos del desecador, tápelos correctamente.

5.11 Determine el punto de ebullición en equilibrio a la muestra, como se indica en el método de "determinación de punto de ebullición a reflujo equilibrado"

5.12 La prueba se debe correr por duplicado, cambie el agua del desecador cada que lo utilice.

## 6.0 RESULTADOS

6.1 Si las dos corridas no difieren más de 4 °C reporte el promedio de ambas como el punto de ebullición en equilibrio a reflujo en húmedo, de otro modo repita la prueba y promedie las temperaturas obtenidas en las cuatro corridas.

### 2.3.2.3 Viscosidad Cinemática

#### 1.0 PROPOSITO

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la determinación de viscosidad cinemática.

#### 2.0 ALCANCE

Este método aplica para la determinación de viscosidad cinemática con viscosímetros capilares de vidrio del tipo Cannon-Fenske para líquidos transparentes.

#### 3.0 SEGURIDAD

Use ropa de algodón, lentes de seguridad y mascarilla para vapores si fuese necesario. Evite el contacto de sustancias con la piel. Tenga cuidado al manejar material de vidrio. Utilice guantes para alta temperatura cuando manipule el viscosímetro a la temperatura de 100 °C y guates para bajas temperaturas cuando manipule el viscosímetro a la temperatura de -40 °C.

#### 4.0 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADOS

4.1 Viscosímetros de vidrio tipo capilar debidamente calibrados (Ver anexo No. 7)

4.2 Soportes para viscosímetro capaces de mantener el viscosímetro en forma vertical y posición similar a cuando fue calibrado

4.3 Baño para viscosímetros con regulador de temperatura y agitación suficiente para mantener una temperatura constante con uniformidad de al menos 0,01 °C a lo largo del viscosímetro y no más de 0,03 °C fuera de este intervalo. Y que tenga una profundidad suficiente para que durante la medición la muestra se mantenga a no menos de 2 cm. de la superficie del líquido y no menos de 2 cm. arriba del fondo del baño

4.4 Cronómetro con subdivisiones de 0,2 segundos

4.5 Termómetro de vidrio calibrado, en una exactitud de 0,05 °C

4.6 Acetona

4.7 Mezcla crómica al 5%

4.8 Alcohol etílico (alcohol isopropílico cuando se analice LF-5)

4.9 Equipo común de laboratorio

5.0 ACCIONES

5.1 Dependiendo de la viscosidad esperada, seleccione el viscosímetro apropiado. (Ver Anexo No. 6)

5.2 Dependiendo de la temperatura de prueba, seleccione el termómetro con el rango adecuado.

5.3 Ajuste el baño para viscosidad a la temperatura requerida

5.4 Vierta una cantidad de muestra suficiente para cargar el viscosímetro en un recipiente perfectamente limpio

5.5 Cargue el viscosímetro como a continuación se explica (Ver figura del Anexo 4): Invierta el viscosímetro e introduzca el tubo "N" en la muestra y aplique succión por el tubo "L" hasta que el líquido cruce la marca "F" y rápidamente regrese el viscosímetro a la posición normal

5.6 Coloque el viscosímetro dentro del baño de temperatura constante. Debe quedar en posición vertical, libre de vibraciones y la marca "E" aproximadamente 2 cm. por debajo del nivel del líquido del baño, además debe haber una distancia de por lo menos 2 cm. entre el fondo del baño y el viscosímetro

5.7 Mantenga tapados todos los tubos del viscosímetro para evitar que adquiera humedad del ambiente. Espere 30 minutos para equilibrar la temperatura

5.8 A temperaturas abajo de cero grados Celsius, llevar a cabo una corrida preliminar sin medir el tiempo, dejando que el líquido para frenos fluya a través del tubo capilar hasta el recipiente de abajo después de que la temperatura ha sido estabilizada.

5.9 Haga la medición dejando libres las entradas de los tubos del viscosímetro como a continuación se explica: aplique succión en el tubo "N" hasta que la muestra se encuentre aproximado de 5 mm. por encima de la marca "E", permita que el líquido fluya libremente y registre el tiempo en segundos, que tarda el menisco en cruzar de la marca "E" hasta la marca "F". Ver figura del anexo 4.

5.10 Repita lo indicado en el punto anterior. La medición de tiempos deberá concordar en 0,2%, si esto no ocurre repita el método con el viscosímetro perfectamente limpio y seco utilizando muestra fresca

5.11 Limpie el viscosímetro escurriendo perfectamente la muestra, lávelo con etanol (alcohol isopropílico para LF-5) seguido de acetona y finalmente séquelo con aire.

6.0 RESULTADOS

6.1 Obtenga el promedio en segundos de las tres lecturas realizadas

6.2 Calcule la viscosidad aplicando la siguiente fórmula:

$$V = T \times F$$

En donde: V = Viscosidad cinemática, cSt

T = Tiempo promedio de las tres lecturas en segundos

F = Constante del viscosímetro, cSt / s

### **2.3.2.4 Determinación del pH en líquido para frenos.**

#### **1.0 PROPOSITO**

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la determinación de pH en líquido para frenos.

#### **2.0 ALCANCE**

Este método aplica para la determinación de pH de líquido de frenos empleado en vehículos automotores.

#### **3.0 SEGURIDAD**

Use ropa de algodón, lentes de seguridad y mascarilla para vapores si fuese necesario. Evite el contacto de sustancias con la piel, extreme precauciones al manipular material de vidrio.

#### **4.0 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADOS**

4.1 Medidor de pH con electrodo de vidrio y electrodo de calomel como referencia. El sistema de electrodos debe ser apropiado para mediciones en medio Etanol-Agua. El equipo debe tener un alcance de medición de 0 a 14 y una resolución máxima de +/- 0,05

4.2 Equipo común de laboratorio

4.3 Agua destilada. - Debe ser hervida durante 15 minutos y tener pH de 6,2 – 7,2 a 23 +/- 5 °C. Durante el enfriamiento y almacenamiento se debe proteger con un tubo que contenga sal indicadora de azul-violeta o su equivalente (soda-lime o su equivalente aplica solo para la norma FMVSS 116)

4.4 Buffer de referencia con pH de 4,0 a 25 +/- 5°C

4.5 Buffer de referencia con pH de 7,0 a 25 +/- 5°C

4.6 Buffer de referencia con pH de 10,0 a 25 +/- 5°C

4.7 Alcohol etílico absoluto

4.8 Solución saturada de cloruro de potasio (electrolito)

4.9 Ácido clorhídrico 0,1N

4.10 Hidróxido de sodio 0,1N

5.0 ACCIONES

5.1 Acondicione el medidor de pH de acuerdo a lo establecido en el instructivo correspondiente.

5.2 Verifique el correcto funcionamiento del equipo midiendo las soluciones buffer de referencia pH 4,0, 7,0 y 10,0, las lecturas no deben diferir +/- 0,05 unidades respecto a los valores nominales de cada solución.

5.3 Si lo anterior no se cumple realice el ajuste como se indica en el instructivo del equipo, y posteriormente nuevamente la verificación.

5.4 Registre los resultados de la verificación en el formato electrónico.

5.5 Prepare una mezcla de alcohol etílico-agua destilada con una relación 80:20 en volumen y ajuste el pH a 7,0 +/- 0,1 usando una solución de NaOH 0,1 N o HCl 0,1N según se requiera. No use más de 4 ml de cualquiera de las dos soluciones para la neutralización de un litro de mezcla.

5.6 Lave los electrodos primero con agua destilada y enseguida con una porción de la mezcla mencionada en el punto anterior.

5.7 En un vaso de precipitado de al menos 100 ml vierta 50 ml de la mezcla preparada en el punto 5.5. y 50 ml de la muestra de líquido para frenos.

5.8 Sumerja los electrodos del equipo en la mezcla y espere la lectura estable de pH. La temperatura de medición debe ser de 23 °C +/- 5 °C.

5.9 Espere el tiempo necesario para que el equipo indique una lectura de pH estable.

6.0 RESULTADOS

6.1 Reporte el valor de pH indicado por equipo.

### **2.3.2.5 Determinación de la estabilidad del líquido para frenos**

1.0 PROPOSITO

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la determinación de estabilidad a alta temperatura y estabilidad química del líquido para frenos.

2.0 ALCANCE

Este método aplica para la determinación de estabilidad química y a alta temperatura de líquido para frenos en vehículos automotores.

### 3.0 SEGURIDAD

3.1 Extreme precauciones durante el desarrollo de esta determinación. Use ropa de algodón, lentes y zapatos de seguridad. Evite el contacto de líquidos con la piel.

3.2 Realice esta prueba dentro de la campana de extracción de vapores, al terminar una prueba permita que el equipo y la muestra regresen a temperatura ambiente antes de proceder con otra corrida.

### 4.0 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADOS

4.1 Aparato para determinar la temperatura de ebullición a reflujo como se establece en el método de prueba de “Determinación de la temperatura de ebullición a reflujo equilibrado”. (Ver Anexo No. 4)

4.2 Equipo común de laboratorio

4.3 Líquido de compatibilidad; mezcla de líquido para frenos de composición fija a base de poliglicoles en partes iguales por volumen (\*SAE RM-66-04)

### 5.0 ACCIONES

#### 5.1 ESTABILIDAD A ALTA TEMPERATURA

5.1.1 Calentar 60 ml del líquido para frenos como se indica en el método de “Determinación de la temperatura de ebullición a reflujo equilibrado” a una temperatura de 185 °C +/- 2 °C durante 2 horas +/- 5 min. Una vez transcurrido este tiempo, incrementar el calentamiento de tal manera que a los 10 +/- 2 minutos se obtenga un reflujo de 1 a 2 gotas por segundo, pero sin exceder de 5. Durante los siguientes 5 +/- 2 minutos mantenga el reflujo de 1 a 2 gotas por segundo.

5.1.2 Mantenga este reflujo por 2 minutos más y durante este periodo tome 4 lecturas a intervalos de 30 segundos. Obtenga el promedio de las cuatro lecturas de temperatura y corrija el valor por efecto de la presión atmosférica como se indica en el método “Determinación del punto de ebullición a reflujo equilibrado”

#### 5.2 ESTABILIDAD QUÍMICA

5.2.1 Mezclar 30 ml del líquido a probar con 30 ml del líquido de compatibilidad

5.2.2 Determinar a la mezcla la temperatura de ebullición a reflujo en equilibrio utilizando el equipo indicado en el método “Determinación del punto de ebullición a reflujo equilibrado”

5.2.3 Aplique calor al matraz de tal manera que la mezcla esté refluendo dentro de 10 +/- 2 minutos a una velocidad de más de una gota por segundo sin exceder de 5 gotas/segundo. Anote la máxima temperatura observada durante el primer minuto en que la velocidad de reflujo se mantiene como fue indicado.

5.2.4 Mantenga la velocidad de reflujo de 1 a 2 gotas/segundo dentro de los siguientes 15 +/- 1 minutos

5.2.5 Por dos minutos más, mantener la velocidad de reflujo de 1 a 2 gotas / segundo y durante este periodo hacer 4 lecturas a intervalos de 30 segundos.

5.2.6 La diferencia entre la temperatura de ebullición a reflujo en equilibrio observada durante el primer minuto y el promedio de la temperatura de ebullición a reflujo determinada al final de la prueba nos indica la reversión química de la muestra.

## 6.0 RESULTADOS

### 6.1 ESTABILIDAD A ALTA TEMPERATURA

El resultado será la diferencia entre el valor de temperatura del punto de ebullición original y el promedio de las lecturas de esta corrida.

### 6.2 ESTABILIDAD QUÍMICA

Reporte la diferencia entre la máxima temperatura observada durante el primer minuto y el promedio de la temperatura al final de la prueba.

## **2.3.2.6 Determinación de Fluidez y apariencia del líquido para frenos a bajas temperaturas**

### 1.0 PROPÓSITO

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la determinación de fluidez y apariencia del líquido para frenos a bajas temperaturas.

### 2.0 ALCANCE

Este método cubre la determinación de fluidez y apariencia del líquido para frenos utilizado en vehículos automotores, cuando es sometido a temperaturas de -40 °C y - 50 °C.

### 3.0 SEGURIDAD

Use ropa de algodón, lentes de seguridad y mascarilla para vapores si fuese necesario. Evite el contacto de sustancias con la piel. Tenga cuidado al manejar material de vidrio. Utilice guates para bajas temperaturas cuando manipule las muestras la temperatura de - 40 °C y -50 °C.

### 4.0 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADOS

4.1 Botella de vidrio con capacidad aproximada de 125 cm<sup>3</sup> (ml), con un diámetro exterior de 37 +/- 0,5 mm y una altura total de 165 +/- 2,5 mm.

4.2 Baño o cámara fría capaz de mantener una temperatura de -40°C +/- 2°C y -50°C +/- 2°C.

4.3 Cronómetro con subdivisiones de décimas de segundo.

4.4 Equipo común de laboratorio.

4.5 Alcohol Etílico.

4.6 Tapones de corcho o hule de diámetro apropiado para las botellas mencionadas en el punto 4.1.

4.7 Tela o franela libre de pelusa.

## 5.0 ACCIONES

### 5.1 PARA UNA TEMPERATURA DE -40 °C

5.1.1 Colocar 100 ml del líquido para frenos a probar en una botella como la descrita en 4.1

5.1.2 Tapar la botella con tapón de corcho y colocarla en la cámara fría manteniéndola a una temperatura -40 °C +/- 2°C durante 144 +/- 4 horas.

5.1.3 Saque la botella de la cámara fría, rápidamente limpie la botella con un paño libre de pelusa humedecido con alcohol etílico (alcohol isopropílico para el LF5/DOT 5) o acetona.

5.1.4 Inmediatamente invierta la botella y determine el número de segundos que tarda la burbuja de aire en llegar a la parte superior de la botella

5.1.5 Observe si hay evidencia de estratificación, sedimentación, cristalización ni lodos.

5.1.6 Deje que la muestra alcance la temperatura ambiente y compare la apariencia contra la muestra original.

### 5.2 PARA UNA TEMPERATURA DE -50°C

5.2.1 Repita lo indicado en punto 5.1 considerando los siguientes cambios:

a) La temperatura del baño o cámara debe mantenerse a -50 °C +/- 2 °C

b) El tiempo de permanencia de las muestras en el baño o cámara fría será de 6 horas.

## 6.0 RESULTADOS

6.1 Anotar el número de segundos que tarda la burbuja de aire en llegar a la parte superior de la botella, así como algún posible cambio en apariencia.

### **2.3.2.7 Determinación de la tolerancia al agua en líquido para frenos**

#### **1.0 PROPÓSITO**

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la determinación de la tolerancia al agua en líquido para frenos.

#### **2.0 ALCANCE**

Este método aplica para la determinación de la tolerancia al agua en el líquido para frenos empleado en vehículos automotores.

#### **3.0 SEGURIDAD**

Use ropa de trabajo, lentes de seguridad, guantes térmicos y mascarilla para vapores si fuese necesario. Evite el contacto de sustancias con la piel. Utilice guantes para bajas temperatura al manipular las muestras a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  y guantes para altas temperaturas al manipular las muestras a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Desconecte la centrifuga al introducir o sacar los tubos con la muestra.

#### **4.0 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADOS**

4.1 Tubo cónico de 100 ml para centrifuga. (Ver Anexo No. 10)

4.2 Estufa capaz de mantener  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

4.3 Baño o cámara fría capaz de mantener una temperatura de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

4.4 Centrifuga capaz de proporcionar una fuerza centrífuga relativa de 600 a 700.

4.5 Carta de prueba de poder de encubrimiento

4.6 Equipo común de laboratorio

4.7 Alcohol Etílico

4.8 Agua destilada

#### **5.0 ACCIONES**

##### **5.1 PARA UNA TEMPERATURA DE $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$**

5.1.1 Mezcle  $3.5\text{ cm}^3$  (ml) de agua con  $100\text{ cm}^3$  (ml) de líquido para frenos en un tubo cónico para centrifuga. Cuando se prueba LF5 (DOT 5) se debe humedecer como lo indica el método "Determinación del punto de ebullición a reflujo en equilibrio en húmedo.

5.1.2 Tape el tubo con un tapón de corcho y colóquelo dentro de la cámara fría a una temperatura de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante  $22\text{ }^{\pm} 2$

5.1.3 Saque el tubo de la cámara, limpie el tubo con un paño libre de pelusa humedecido con etanol, isopropanol cuando se trate de LF5 (DOT 5)

5.1.4 Se determina la transparencia del líquido colocando el tubo de centrífuga contra la “Carta de prueba de poder de encubrimiento” y se observa la claridad de las líneas de contraste a través del líquido.

5.1.5 Observe el líquido para ver si presenta estratificación, sedimentación, cristalización o lodos.

5.1.6 Invierta el tubo y determine los segundos que tarda la burbuja de aire en llegar a la parte superior del tubo

5.1.7 Considere que la burbuja de aire ha concluido el recorrido cuando ésta alcance la marca de 2 cm<sup>3</sup> (ml) en la graduación del tubo.

## 5.2 PARA UNA TEMPERATURA DE 60°C

5.2.1 El mismo tubo con la muestra que se empleó en la determinación a -40 °C se coloca en una estufa mantenida a una temperatura de 60 +/- 2 °C por un tiempo de 22 +/- 2 horas.

5.2.2 Saque el tubo de la estufa observe si hay evidencia de estratificación.

5.2.3 Obtenga el porcentaje de sedimento centrifugando a una fuerza centrífuga relativa de 600 a 700 durante 10 minutos

## 6.0 RESULTADOS

### 6.1 PARA LA PRUEBA A -40 °C

6.1.1 Registre los segundos que tarda la burbuja en llegar a la parte superior cuando el tubo es invertido

6.1.2 Reporte si hay evidencia de estratificación, sedimentación, cristalización o lodos.

6.1.3 Informar si se desarrolla nebulosidad y fluidez del líquido en este momento.

### 6.2 PARA LA PRUEBA A 60 °C

6.2.1 Reporte la evidencia de estratificación.

6.2.2 Registre el porcentaje en volumen de sedimento.

## **2.3.2.8 Determinación de la compatibilidad en líquido para frenos**

### 1.0 PROPOSITO

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la determinación de la compatibilidad del líquido para frenos.

## 2.0 ALCANCE

Este método aplica para la determinación de la compatibilidad de líquidos para frenos empleados en vehículos automotores.

## 3.0 SEGURIDAD

Use ropa de algodón, lentes de seguridad y mascarilla para vapores si fuese necesario. Evite el contacto de sustancias con la piel. Tenga cuidado al manejar material de vidrio. y guates para bajas temperaturas cuando manipule las muestras a la temperatura de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  y guantes para alta temperatura cuando manipule las muestras a  $60\text{ }^{\circ}$ .

Desconecte la centrifuga cuando introduzca o retire los tubos con muestra.

## 4.0 MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

4.1 Tubo para centrifuga con capacidad de 100 ml. (Ver Anexo No. 10)

4.2 Estufa capaz de mantener  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

4.3 Baño o cámara fría capaz de mantener una temperatura de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

4.4 Centrifuga capaz de proporcionar una fuerza centrífuga relativa de 600 a 700.

4.5 Carta de prueba de poder de encubrimiento SAE RM-28

4.6 Equipo común de laboratorio

4.7 Alcohol Etílico

4.8 Líquido de compatibilidad que consiste en una mezcla de líquido para frenos de composición fija a base de poliglicoles en partes iguales por volumen.

## 5.0 ACCIONES

### 5.1 PRUEBA A $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$

5.1.1 Mezclar 50 ml de líquido para frenos a probar con 50 ml de líquido de compatibilidad y vaciar la mezcla en el tubo cónico para centrifuga, tapar el tubo con un tapón de corcho.

5.1.2 Coloque el tubo dentro de la cámara fría a una temperatura de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante  $24\text{ }^{\pm} 2$  horas

5.1.3 Saque el tubo del baño o cámara fría límpielo con un paño libre de pelusa humedecido con Alcohol Etílico (isopropanol cuando se trate de LF5 /DOT 5) o acetona.

5.1.4 Determine la transparencia del líquido colocando el tubo contra la “carta de prueba de poder de encubrimiento” y observar la claridad de las líneas de contraste a través del líquido.

5.1.5 Examine el líquido para determinar si tiene evidencia de estratificación de lodos, sedimentación ni cristalización. Excepto LF5/DOT 5 tampoco debe presentar estratificación.

## 5.2 PRUEBA A 60 °C

5.2.1 El mismo tubo con la muestra que se empleó para la prueba a -40 °C se coloca en una estufa a una temperatura de 60 +/- 2 °C por un tiempo de 24 +/- 2 horas.

5.2.2 Retirar el tubo de la estufa e inmediatamente examinar si hay evidencia de estratificación.

5.2.3 Determine el porcentaje de sedimento en volumen centrifugado de la muestra a una velocidad de 600 a 700 r.p.m. durante 10 minutos.

## 6.0 RESULTADOS

6.1 Para la prueba a -40 °C reportar cualquier alteración en la transparencia del fluido y la claridad de las líneas de contraste de la carta de poder de encubrimiento, así como la presencia de lodos, sedimentación o cristalización. Además de la presencia de estratificación, excepto para LF5/DOT5.

6.2 Para la prueba a 60 °C reporte el % de sedimento en volumen y la posible estratificación.

### **2.3.2.9 Prueba de corrosión por el efecto del líquido de frenos**

#### 1.0 PROPOSITO

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la determinación de la corrosión por efecto del líquido para frenos.

#### 2.0 ALCANCE

Este método aplica para la determinación de corrosión provocada por el líquido para frenos empleado en vehículos automotores.

#### 3.0 SEGURIDAD

Extreme precauciones durante el desarrollo de esta determinación. Use ropa de algodón, lentes y zapatos de seguridad. Evite el contacto de líquidos con la piel. Utilice mascarilla para vapores durante la limpieza de las láminas. Utilice guantes para altas temperaturas al introducir y sacar los frascos de la estufa. Desconecte la centrifuga al introducir y sacar los tubos con muestra.

#### 4.0 MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

4.1 Balanza analítica con resolución de 0,1 mg

- 4.2 Estufa capaz de mantener 100 +/- 2 °C
- 4.3 Desecador con desecante silica gel
- 4.4 Pinzas de Níquel-Cromo
- 4.5 Durómetro Shore tipo A
- 4.6 Recipiente de vidrio con capacidad para 475 ml, paredes rectas con altura interna de 100 mm y 75 mm de diámetro. (Ver Anexo No. 9)
- 4.7 Tapas de acero estañado para los frascos del punto 4.6 que posean un orificio de ventilación de 0,8 mm +/- 0,1 mm de diámetro
- 4.8 Tubo cónico de 100 ml, para centrifuga. (Ver Anexo No. 10)
- 4.9 Centrifuga capaz de dar una fuerza relativa de 600 a 700
- 4.10 Medidor de pH.
- 4.11 Equipo común de laboratorio
- 4.12 Gomas para frenos de hule estireno-butadieno SBR SAE RM-3a
- 4.13 Hules EPDM SAE RM-69
- 4.14 Dos juegos de las láminas. (Ver Anexo No. 8)
- 4.15 Tornillos de acero de 5/8" o 3/4" sin recubrimiento incluyendo tuercas (SAE RM-61)
- 4.16 Lija de agua No. 320 A
- 4.17 Paño de algodón libre de pelusa.
- 4.18 Agua destilada
- 4.19 Alcohol Etílico (Isopropílico cuando se analice LF5)
- 4.20 Calibrador Vernier con resolución de 0,02 mm
- 5.0 ACCIONES
- 5.1 Prepare dos juegos de láminas de los metales que se incluyen en la tabla del anexo No. 5
- 5.2 Excepto las láminas de acero estañado, limpie las láminas en todas sus superficies con la lija 320A y etanol hasta que no muestren imperfecciones apreciables, use una nueva pieza de lija para cada tipo de metal.
- 5.3 Excepto las láminas de acero estañado, pulir con lana de acero todas las láminas.
- 5.4 Lave las láminas con etanol y séquelas con un paño libre de pelusa.

- 5.5 En lo sucesivo maneje las láminas con las pinzas.
- 5.6 Coloque las láminas en un desecador y manténgalas a  $23 \pm 5^\circ\text{C}$  por lo menos una hora.
- 5.7 Determine la masa de cada lámina con una aproximación de 0,1 mg. y determinar su área total en  $\text{cm}^2$ .
- 5.8 Ensamblar cada juego de láminas en el tornillo de acero sin recubrimiento de tal manera que las láminas estén en contacto electrolítico en el siguiente orden: acero estañado, acero inoxidable, aluminio, hierro de fundición, latón y cobre. El apriete del arreglo debe ser suficiente para poder manipular el juego completo en cualquiera de sus extremos sin que el resto de las placas se muevan. (Ver Anexo No. 8)
- 5.9 Doble todas las láminas, excepto la de hierro de fundición de tal manera que exista una separación de por lo menos 3 mm entre las láminas adyacentes a una distancia de 5 cm del extremo libre de las láminas.
- 5.10 Determinar el diámetro y la dureza a dos gomas de hule SBR como se establece en el método de “Determinación del efecto del líquido de frenos sobre el hule de estireno butadieno.”
- 5.11 Lave las gomas con etanol (isopropílico para LF-5), no mantenga las gomas en contacto con el alcohol por más de 30 segundos.
- 5.12 Utilizando pinzas coloque una goma con los labios hacia arriba en cada frasco.
- 5.13 Coloque un juego de láminas dentro de cada goma con el extremo atornillado descansando en la cavidad de la goma y los extremos libres extendidos hacia la parte superior del recipiente.
- 5.14 Mezcle 760  $\text{cm}^3$  (ml) del líquido para frenos a probar con 40  $\text{cm}^3$  (ml) de agua destilada, agregue una cantidad suficiente de la mezcla a los recipientes, de tal manera que el nivel del líquido exceda aproximadamente 10 mm por arriba de los extremos libres de las láminas. Cuando se trate de LF-5 humidificar 800  $\text{cm}^3$  de acuerdo al método “Determinación de punto de ebullición en húmedo a reflujo equilibrado”, eliminando la determinación de temperatura de ebullición.
- 5.15 Cierre los frascos perfectamente con sus tapas y colóquelos en la estufa a una temperatura de  $100 \pm 2^\circ\text{C}$  por  $120 \pm 2$  horas.
- 5.16 Retire los frascos de la estufa, deje enfriar a una temperatura de  $23 \pm 5^\circ\text{C}$  durante 60 a 90 minutos.
- 5.17 Usando las pinzas, saque las láminas de los recipientes, agitándolas dentro del líquido para desprender el sedimento adherido.

5.18 Examine las láminas y los recipientes para verificar si hay adherencia de depósitos cristalinos.

5.19 Desensamble las láminas, lávelas con flujo de agua.

5.20 Límpielas individualmente con un trapo libre de pelusa humedecido en etanol (isopropílico para LF5/DOT 5)

5.21 Observe las láminas y determine la presencia o ausencia de picaduras o rugosidad provocada por la corrosión, se permite manchado o de coloración.

5.22 Mantenga las láminas en el desecador a una temperatura de 23 +/- 5°C por un tiempo mínimo de una hora.

5.23 Determinar el peso final de cada lámina con una aproximación de 0,1 mg.

5.24 Una vez concluido el periodo de enfriamiento, sacuda las gomas dentro del recipiente para eliminar cualquier sedimento adherido con ayuda de las pinzas, sáquelas del recipiente y lávelas con etanol (isopropanol cuando se trate de LF5/DOT 5). Seque las gomas soplando con aire seco.

5.25 Examine las gomas buscando evidencias de desprendimiento de negro humo, pegajosidad, ampollamiento u otras formas de desintegración de las gomas.

5.26 Determine el diámetro de la base y la dureza de las gomas dentro de los 15 minutos siguientes a partir del momento de haberlas sacado del líquido.

5.27 Examine la mezcla del líquido para frenos-agua en los recipientes, observe si hay gelatinosidad.

5.28 Agite el líquido en los recipientes para suspender todo el sedimento y transferir 100 cm<sup>3</sup> (ml) a un tubo cónico para centrifuga, hacer esto para cada jarra.

5.29 Determine el porcentaje en volumen de sedimento centrifugando a una velocidad centrifuga relativa de 600 a 700 durante 10 minutos.

5.30 Repita los pasos 5.26 y 5.27 hasta obtener 3 lecturas consecutivas iguales para cada tubo.

5.31 Determine el pH del fluido de corrosión (excepto cuando se trate de LF-5) como se establece en el método de "Determinación de pH en líquido para frenos"

## 6.0 RESULTADOS

6.1 Reportar el ataque de cada lámina obtenido a partir de la diferencia en masa, con la siguiente ecuación:

$$\text{Corrosión en } \frac{mg}{cm^2} = \frac{M_2 - M_1}{A}$$

En donde:

M1 = Masa inicial en mg

M2 = Masa final en mg

A = Área total de la lámina en cm<sup>2</sup>

### **2.3.2.10 Determinación de la resistencia a la oxidación en el líquido para frenos**

#### **1.0 PROPOSITO**

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la prueba de resistencia a la oxidación en líquido para frenos.

#### **2.0 ALCANCE**

Este método aplica para la determinación de la resistencia a la oxidación provocada por efecto de los líquidos para frenos empleados en vehículos automotores

#### **3.0 SEGURIDAD**

Extreme precauciones durante el desarrollo de esta determinación. Use ropa de algodón, lentes y zapatos de seguridad. Evite el contacto de líquidos con la piel. Utilice mascarilla para vapores durante la limpieza de las láminas. Utilice guantes para altas temperaturas al introducir y sacar los frascos de la estufa. Utilice guantes de hule al manejar el peróxido de benzoilo.

#### **4.0 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADOS**

4.1 Balanza analítica con resolución de 0,1 mg

4.2 Estufa capaz de mantener una temperatura de 70 +/- 2 °C.

4.3 Desecador con Silica Gel

4.4 Pinzas de níquel-cromo

4.5 Calibrador Vernier con resolución de 0,02 mm.

4.6 Botella de vidrio con capacidad aproximada de 120 ml (Matraz Erlenmeyer).

4.7 Tubos de ensayo de vidrio de 22 mm de diámetro y 175 mm de longitud.

4.8 Equipo común de laboratorio

4.9 Agua destilada

4.10 Peróxido de benzoílo 96% de pureza.

4.11 Lija de agua No. 320A

4.12 Alcohol etílico

4.13 Hojas de estaño (99,9% min. de estaño y 0,025% máx. de plomo) de aproximadamente 12 mm cuadrados y espesor de 0,02 a 0,06 mm

4.14 Tornillos de acero sin recubrimiento, incluyendo su tuerca

4.15 Lana de acero grado 00

4.16 Tiras metálicas de hierro de fundición y aluminio aproximadamente con las siguientes dimensiones:

Longitud 8,0 cm.

Ancho 1,3 cm.

Espesor 0,6 cm máximo

4.15 Gomas para frenos de hule estireno-butadieno SBR

5.0 ACCIONES

5.1 Prepare dos juegos de láminas de cada uno de los metales que se mencionan en el punto 4.16.

5.2 Las tiras láminas se pulen en toda su superficie con la lija de agua 320A y alcohol etílico hasta que todas las imperfecciones sean eliminadas. Use una pieza de lija nueva para cada tipo de metal. Posteriormente, se pulen con lana de acero.

5.3 Lave las placas con Etanol y séquelas con un paño libre de pelusa. Opcionalmente se pueden secar soplándolas con aire. Una vez limpias las láminas deben manejarse todo el tiempo con pinzas.

5.4 Coloque las láminas por lo menos una hora en un desecador a 23 °C +/- 5°C.

5.5 Determine el área de cada tira haciendo uso del vernier.

5.6 Pese cada tira con una aproximación de 0,1 mg. y ensamble una lámina de cada metal sobre una chaveta de acero sin recubrimiento. Separe las láminas en cada extremo con una hoja de estaño.

5.7 Apriete lo suficiente la tuerca, de tal manera que las hojas de estaño se mantengan firmes en su lugar.

5.8 Vierta 30 cm<sup>3</sup> (ml) del líquido para frenos a probar en la botella de vidrio y agregue 60 mg. +/- 2 mg. de peróxido de benzoílo y 1,5 ml +/- 0,05 ml. de agua destilada (excepto para LF5 el cual debe ser humidificado de acuerdo al método de "Determinación del punto de ebullición en equilibrio húmedo). Tape la botella sin apretar el tapón. Agite la mezcla evitando que la solución llegue al tapón. Coloque la botella en una estufa a 70 +/- 2°C

durante 120 +/- 10 minutos agitándola cada 15 minutos con el objeto de disolver el peróxido.

5.9 Sin remover el tapón retire la botella de la estufa y manténgala a 23 +/- 5 °C durante 22 +/- 2 horas.

5.10 Coloque una sección de 1/8 de goma SBR en cada uno de los tubos de ensaye. Agregue a cada tubo 10 cm<sup>3</sup> (ml) de la solución preparada.

5.11 Introduzca un juego de láminas en cada tubo. El extremo que no tiene tornillo debe descansar sobre la goma.

5.12 La solución debe cubrir la mitad de la longitud de las láminas. Tape los tubos y manténgalos en posición vertical por un período de 70 +/- 2 horas a una temperatura de 23 +/- 5°C. Al final de ese tiempo afloje los tapones y pase los tubos a la estufa con temperatura de 70 +/- 2°C durante un período de 168 horas +/- 2 horas.

5.13 Saque los tubos de la estufa y desensamble las tiras. Observe si en el líquido se encuentran depósitos gomosos. Limpie las láminas con tela humedecida con alcohol etílico. Examine las láminas para detectar picaduras, marcas o rugosidad en la superficie.

5.14 Pase las láminas al desecador y manténgala a 23 +/- 5°C por lo menos una hora.

5.15 Pese las láminas en la balanza con una aproximación de 0,1 mg.

## 6.0 RESULTADOS

6.1 Determine el cambio de masa en mg/ cm<sup>2</sup> aplicando la siguiente formula:

$$\text{Perdida de por oxidación en } \frac{mg}{cm^2} = \frac{M_2 - M_1}{A}$$

En donde:

M1 = Masa inicial en mg

M2 = Masa final en mg

A = Área total de la lámina en cm<sup>2</sup>

6.2 El resultado final para cada metal es el promedio de las dos láminas.

6.3 Reporte la apariencia de las tiras de metal después de la prueba y la cantidad de goma depositada sobre las tiras de metal.

### **2.3.2.11 Determinación del efecto del líquido para frenos sobre el hule de estireno butadieno**

#### **1.0 PROPOSITO**

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la determinación del efecto sobre hules (gomas) causado por el líquido para frenos.

#### **2.0 ALCANCE**

Este método aplica para la determinación del efecto sobre el hule de Estireno Butadieno provocado por el líquido para frenos empleado en vehículos automotores.

#### **3.0 SEGURIDAD**

Use ropa de trabajo, lentes de seguridad y mascarilla para vapores si fuese necesario. Evite el contacto de sustancias con la piel. Utilice guantes para altas temperaturas al introducir y sacar las muestras de la estufa.

#### **4.0 MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO**

4.1 Durómetro tipo Shore A

4.2 Calibrador Vernier con capacidad para medir hasta 0,02 mm.

4.3 Estufa con controlador de temperatura capaz de mantenerla a 70 +/- 2 °C y a 120 +/- 2°C

4.4 Dos recipientes de vidrio de aproximadamente 250 cm<sup>3</sup> (ml) de capacidad, de 125 mm de altura y 50 mm de diámetro aproximadamente, con tapa de acero estañado.

4.5 Alcohol Etílico (isopropílico cuando se trate de LF-5)

4.6 Balanza analítica con una resolución de +/- 0,1 mg.

4.7 Gomas de estireno-butadieno SBR (SAE RM-3a)

4.8 Pinzas de (níquel-cromo)

#### **5.0 ACCIONES**

##### **5.1 PARA UNA TEMPERATURA DE 70 °C**

5.1.1 Determine el diámetro de la base a dos gomas con el vernier. Para cada goma obtenga el promedio de dos lecturas efectuadas a 90° una con respecto a la otra. Rechazar cualquier goma que en sus dos mediciones difieran en más de 0,08 mm.

5.1.2 Determine la dureza a cada goma con un durómetro tipo Shore A

5.1.3 Lave las gomas con etanol (alcohol isopropílico en el caso de LF-5) por no más de 30 segundos y límpielas con un trapo libre de pelusa para eliminar todas las partículas extrañas. Soplelas con aire para eliminar el alcohol.

5.1.4 Coloque las dos gomas en uno de los recipientes de vidrio y agregue 75 cm<sup>3</sup> (ml) del líquido a probar.

5.1.5 Tape los frascos perfectamente y manténgalos en una estufa a 70 +/- 2 °C durante 70 horas +/- 2 horas

5.1.6 Retire el frasco de la estufa y déjelo enfriar durante un periodo de 60 a 90 mín. sin abrirlo hasta que llegue a una temperatura de 23 +/- 5 °C

5.1.7 Saque las gomas del recipiente, lávelas con alcohol Etilico (alcohol isopropílico en el caso de LF-5) por un periodo no mayor a 30 segundos y séquelas con aire limpio.

5.1.8 Examine las gomas y observar si existe evidencia de pegajosidad, lodo o ampollas.

5.1.9 Determine el diámetro de la base y la dureza a cada goma a los 15 minutos después de haber sacado las gomas del recipiente.

## 5.2 PARA UNA TEMPERATURA DE 120 °C

5.2.1 Para la prueba a esta temperatura siga todo lo indicado en los puntos 5.1.1 a 5.1.9, excepto que debe mantener la estufa a 120 +/-2 °C.

## 6.0. RESULTADOS

6.1 Reporte la diferencia en la dureza y diámetro de la goma (diferencia entre los valores obtenidos antes de la prueba y al final de la prueba) a 70 y 120 °C

6.2 El promedio de las dos lecturas tanto para dureza como para el diámetro será el resultado final

6.3 Cualquier cambio de apariencia de las gomas como desintegración, pegajosidad, ampollamiento, grietas o separación de negro de humo en la superficie.

### **2.3.2.12 Determinación del Porcentaje de Humedad en líquido para frenos**

#### 1.0 PROPOSITO

Establecer las operaciones que se deben ejecutar durante la determinación del porcentaje de humedad.

#### 2.0 ALCANCE

Este método aplica para la determinación del porcentaje de humedad en líquido para frenos empleado en vehículos automotores

#### 3.0 SEGURIDAD

3.1 Extreme precauciones durante el desarrollo de esta determinación. Use ropa de algodón, lentes y zapatos de seguridad. Evite el contacto de líquidos con la piel. El reactivo Karl Fisher contiene piridina el cual es muy toxico para la salud humana.

#### 4.0 MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

4.1 Jeringa de 6ml para humedades debajo de 0.5% de humedad

4.2 Jeringa de 1 ml para humedades por arriba de 0.5%

4.3 Material de vidrio de laboratorio.

4.4 Equipo 890 Titrandó

4.5 Reactivo Karl Fisher

4.6 Metanol Seco pureza mayor a 99%

4.7 Jeringa de vidrio de 10 µl para verificación.

#### 5.0 ACCIONES

5.1 Encienda el equipo por la parte de atrás y adicione metanol al equipo mediante el dispensador.

5.2 Seleccione en el equipo la opción de cargar método y cargue el método de determinación de "factor KF" y dejar que el equipo se acondicione.

5.3 Determine el factor por medio de 3 lecturas inyectando 10 µl de agua al equipo, el resultado no debe diferir en más de 0.1

5.4 Oprimir la tecla "STOP" y cargar el método de "Determinación de Humedad"

5.5 Cargar al equipo metanol nuevo y acondicionar de nuevo el equipo.

5.6 Realizar una verificación haciendo 3 ensayos inyectando 10 µl de agua al equipo, el resultado de la prueba debería de ser  $100\% \pm 1\%$  promediando los 3 valores.

5.7 Si la verificación es correcta colocar 20 ml de líquido de frenos a probar en un vaso de precipitado de 50 ml.

5.8 Llene la jeringa dependiendo de la humedad que esté esperando calcular. Utilice una jeringa de 1 ml si la humedad esperada es mayor a 0.5% o si la humedad es menor utilice una jeringa de 6 ml. (Nota: el líquido de frenos sin el proceso de humidificación es menor a 0.3% de humedad)

5.9 Pese y tare la jeringa cargada de líquido para frenos, posteriormente oprima la tecla "PLAY" y agregue 7 gotas de líquido de freno si la humedad esperada es menor a 0.5%.

5.8 Introduzca el valor arrojado por la balanza en el equipo 890 Titrand y oprima “CONTINUAR”.

5.9 Espere a que el equipo arroge el % de humedad.

## 6.0 RESULTADOS

6.1 Registre el valor en la bitácora de resultados.

### 2.4 Recopilación de datos

Los datos obtenidos en cada una de las pruebas por los 3 operadores serán registrados en el formato impreso de la bitácora de análisis.

Una vez concluidas la totalidad de las pruebas se generará un archivo en el cual se ingresen los resultados de los 3 analistas, esto para tener un control de datos y poder visualizarlos de mejor manera, también nos auxiliará a tener un manejo más simple de datos para exportarlos al software MINITAB para que puedan ser analizados.

#### 2.4.1 Minitab

La primera pantalla que aparece al abrir este software es muy parecida a una hoja de cálculo de Excel. Para organizar los datos obtenidos de los estudios es necesario estructurar los datos en tres columnas:

- Parte a medir (muestra del lote correspondiente)
- Operador
- Variable medida

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
	Parte	Operador	P. EQ	P. EQ. Humedo	Visc. -40	Visc. 100	pH	Est. Alt. Temp.	Est. Quimica	Fluidez -40	Fluidez -50
1	1	1	244	143	544	1,64	10,09	1	1	1	1
2	2	1	247	148	543	1,64	10,08	1	1	1	1
3	3	1	248	148	514	1,65	10,07	2	2	1	1
4	4	1	246	145	516	1,79	10,15	2	2	1	1
5	5	1	248	148	535	1,68	10,23	2	2	1	1
6	6	1	245	146	527	1,69	10,24	2	2	1	1
7	7	1	250	148	539	1,67	10,07	1	2	1	1
8	8	1	247	146	541	1,74	10,20	1	2	1	1
9	9	1	252	144	546	1,65	10,18	1	1	1	1
10	10	1	247	149	546	1,68	10,16	1	1	1	1
11	1	1	244	144	543	1,65	10,09	1	1	1	1
12	2	1	247	148	544	1,64	10,09	1	1	1	1
13	3	1	248	148	516	1,65	10,08	2	2	1	1
14	4	1	246	145	515	1,79	10,15	2	2	1	1
15	5	1	248	148	534	1,68	10,24	2	2	1	1
16	6	1	245	146	527	1,69	10,23	2	2	1	1
17	7	1	250	148	538	1,67	10,07	1	2	1	1
18	8	1	247	146	541	1,73	10,20	1	2	1	1
19	9	1	252	144	546	1,65	10,18	1	1	1	1
20	10	1	248	149	547	1,69	10,16	1	1	1	1

Figura 2.1 Organización de datos en software Minitab

De esta manera se plasmarán todos los resultados de todas las pruebas en la hoja de cálculo de MINITAB haciendo su análisis individual de la siguiente manera:

- En la barra de tareas seleccionar la ventana de “Estadísticas”
- Seleccionar la opción de “Herramientas de calidad”
- Seleccionar la opción de “Estudio del sistema de medición”
- Finalmente, la opción de “Estudio R&R del sistema de medición”

Aparecerá una ventana en la te pide ingresar el número de parte, los operadores y los datos de medición que participan en el estudio, estos los podrás ingresar en el apartado en blanco de la izquierda en donde se encuentran todos los datos.

En la pestaña nombrada “Información del sistema de medición” se ingresarán datos como la fecha de realización del estudio y su nombre.

En la parte de abajo te pide seleccionar el método de análisis que se utilizara, seleccionamos el método ANOVA ya que nuestra metodología nos indica que debemos realizar el análisis de varianzas.

### **3. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

#### **3.1 Resultados de los análisis**

A continuación, se muestran las tablas de resultados de todas las pruebas de los 3 analistas participantes.

**Tabla 3.1** Resultados de análisis Operador 1

**CONTROL DE DATOS PARA ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD**  
**LABORATORIO DE FLUIDOS HIDRAULICOS**  
**(MSA)**

Nombre y No. de Parte: DOT 3 Operador: Francisco Félix Cabañas Munguía Año: 2017

Muestra	Repetición	Folio de análisis	Inicio	Final	P. EQ. Min	P. EQ. Húmedo 140 °C Min	VISC -40 1800 cSt Máx	VISC 100 1,5 cSt. min.	PH 7.0 - 11.5	Estabilidad		Fluidéz		Tolerancia	Corrosión						Oxidación		Efecto sobre hule SBR				%de Humedad			
										Alta Temp.	Química	-40	-50	-40	Hierro estañado	Acero	Aluminio	Hierro de Fundición	Latón	Cobre	pH	Dureza	Incremento Diámetro	Aluminio	Hierro de Fundición	Disminución de dureza		70 °C	Disminución de dureza	120 °C
												10 s. máx.	35 s. máx.	10 s. máx.	0,2 máx.	0,2 máx.	0,1 máx.	0,2 máx.	0,4 máx.	0,4 máx.	7-11,5	menor de 15 GDH	1,4 mm máx.	0,05 mg/cm2 máx.	0,30 mg/cm2 máx.	menor de 10 GIHD		De 0,15 a 1,40	menor de 15 GIHD	De 0,15 a 1,40
M-1	1	FFCM-170301	03-mar-17	16-mar-17	244	143	544	1,64	10,09	1	1	1	1	1	0,0095	0,0064	0,0082	0,0099	0,0877	0,1052	7,57	2,5	0,24	0,0094	0,008	2	0,27	3	0,36	0,034
M-1	2	FFCM-170302	03-mar-17	16-mar-17	244	144	543	1,65	10,09	1	1	1	1	1	0,0095	0,0064	0,0083	0,0099	0,0877	0,1052	7,57	2,5	0,24	0,0094	0,008	2	0,27	3	0,36	0,034
M-1	3	FFCM-170303	03-mar-17	16-mar-17	244	144	545	1,64	10,09	1	1	1	1	1	0,0095	0,0063	0,0083	0,0098	0,0877	0,1052	7,57	2,5	0,24	0,0094	0,008	2	0,27	3	0,35	0,034
M-2	1	FFCM-170401	03-abr-17	17-abr-17	247	148	543	1,64	10,08	1	1	1	1	1	0,0091	0,0074	0,0083	0,0096	0,0864	0,1055	7,55	2,5	0,25	0,0098	0,0075	2	0,22	3	0,36	0,036
M-2	2	FFCM-170402	03-abr-17	17-abr-17	247	148	544	1,64	10,09	1	1	1	1	1	0,0091	0,0074	0,0083	0,0097	0,0864	0,1055	7,58	2,5	0,25	0,0098	0,0075	2	0,22	3	0,36	0,036
M-2	3	FFCM-170403	03-abr-17	17-abr-17	247	148	544	1,64	10,09	1	1	1	1	1	0,0091	0,0074	0,0083	0,0097	0,0864	0,1055	7,56	2,5	0,25	0,0098	0,0075	2	0,22	3	0,36	0,036
M-3	1	FFCM-170501	01-may-17	15-may-17	248	148	514	1,65	10,07	2	2	1	1	2	0,0103	0,0072	0,0092	0,0078	0,071	0,1066	7,74	2,5	0,29	0,0087	0,0077	2	0,25	3,5	0,37	0,047
M-3	2	FFCM-170502	01-may-17	15-may-17	248	148	516	1,65	10,08	2	2	1	1	2	0,0103	0,0072	0,0092	0,0078	0,071	0,1065	7,75	2,5	0,29	0,0087	0,0076	2	0,25	3,5	0,37	0,047
M-3	3	FFCM-170503	01-may-17	15-may-17	248	148	516	1,65	10,08	2	2	1	1	2	0,0103	0,0072	0,0092	0,0076	0,071	0,1066	7,76	2,5	0,29	0,0087	0,0076	2	0,24	3,5	0,37	0,047
M-4	1	FFCM-170601	31-may-17	14-jun-17	246	145	516	1,79	10,15	2	2	1	1	2	0,0102	0,0074	0,0088	0,0074	0,0836	0,1065	7,73	2,5	0,22	0,0089	0,0078	2	0,25	3,5	0,36	0,049
M-4	2	FFCM-170602	31-may-17	14-jun-17	246	145	515	1,79	10,15	2	2	1	1	2	0,0102	0,0074	0,0088	0,0075	0,0832	0,1065	7,72	2,5	0,22	0,0089	0,0078	2	0,25	3,5	0,36	0,048
M-4	3	FFCM-170603	31-may-17	14-jun-17	246	145	515	1,79	10,15	2	2	1	1	2	0,0102	0,0073	0,0088	0,0075	0,0821	0,1065	7,71	2,5	0,22	0,0089	0,0078	2	0,25	3,5	0,36	0,05
M-5	1	FFCM-170701	30-jun-17	14-jul-17	248	148	535	1,68	10,23	2	2	1	1	2	0,0098	0,0083	0,0091	0,007	0,0935	0,1039	7,75	3	0,29	0,0088	0,0096	2	0,27	3	0,4	0,029
M-5	2	FFCM-170702	30-jun-17	14-jul-17	248	148	534	1,68	10,24	2	2	1	1	2	0,0098	0,0083	0,0091	0,0072	0,0935	0,1039	7,75	3	0,28	0,0088	0,0096	2	0,27	3	0,4	0,029
M-5	3	FFCM-170703	30-jun-17	14-jul-17	247	148	533	1,68	10,23	2	2	1	1	2	0,0098	0,0082	0,0091	0,007	0,0935	0,1039	7,75	3	0,28	0,0086	0,0096	2	0,27	3	0,4	0,029
M-6	1	FFCM-170801	31-jul-17	14-ago-17	245	146	527	1,69	10,24	2	2	1	1	2	0,0099	0,0085	0,0099	0,0076	0,0934	0,1041	7,74	3	0,29	0,0089	0,0091	2	0,28	3	0,35	0,027
M-6	2	FFCM-170802	31-jul-17	14-ago-17	245	146	527	1,69	10,23	2	2	1	1	2	0,0099	0,0084	0,0099	0,0075	0,093	0,1041	7,73	3	0,29	0,0087	0,0091	2	0,28	3	0,35	0,027
M-6	3	FFCM-170803	31-jul-17	14-ago-17	245	145	527	1,69	10,24	2	2	1	1	2	0,0099	0,0086	0,0099	0,0074	0,0922	0,1041	7,74	3	0,29	0,0088	0,0091	2	0,28	3	0,35	0,027
M-7	1	FFCM-170901	30-ago-17	15-sep-17	250	148	539	1,67	10,07	1	2	1	1	2	0,0094	0,0084	0,0087	0,0096	0,093	0,1063	7,77	2	0,2	0,0088	0,0098	2	0,29	3,5	0,34	0,055
M-7	2	FFCM-170902	30-ago-17	15-sep-17	250	148	538	1,67	10,07	1	2	1	1	2	0,0094	0,0084	0,0087	0,0094	0,0923	0,1063	7,76	2	0,2	0,0089	0,0098	2	0,29	3,5	0,34	0,055
M-7	3	FFCM-170903	30-ago-17	15-sep-17	250	148	539	1,67	10,07	1	2	1	1	2	0,0094	0,0088	0,0087	0,0096	0,0935	0,1063	7,76	2	0,2	0,0087	0,0095	2	0,29	3,5	0,34	0,055
M-8	1	FFCM-171001	02-oct-17	16-oct-17	247	146	541	1,74	10,2	1	2	1	1	2	0,0095	0,0084	0,0088	0,009	0,0941	0,1068	7,41	2	0,28	0,0089	0,0102	2	0,23	3,5	0,4	0,056
M-8	2	FFCM-171002	02-oct-17	16-oct-17	247	146	541	1,73	10,2	1	2	1	1	2	0,0095	0,0084	0,0087	0,0092	0,0936	0,1068	7,41	2	0,28	0,009	0,0102	2	0,23	3,5	0,4	0,056
M-8	3	FFCM-171003	02-oct-17	16-oct-17	247	146	540	1,74	10,2	1	2	1	1	2	0,0095	0,0084	0,0088	0,009	0,0947	0,1068	7,41	2	0,28	0,009	0,0102	2	0,23	3,5	0,4	0,056
M-9	1	FFCM-171101	03-nov-17	17-nov-17	252	144	546	1,65	10,18	1	1	1	1	2	0,0099	0,011	0,0079	0,0097	0,0924	0,1058	7,77	2,5	0,27	0,0105	0,0096	2	0,29	3,5	0,4	0,035
M-9	2	FFCM-171102	03-nov-17	17-nov-17	252	144	546	1,65	10,18	1	1	1	1	2	0,0099	0,011	0,0079	0,0096	0,093	0,1058	7,76	2,5	0,27	0,0105	0,0094	2	0,29	3,5	0,4	0,033
M-9	3	FFCM-171103	03-nov-17	17-nov-17	252	144	547	1,65	10,18	1	1	1	1	2	0,0099	0,011	0,0079	0,0098	0,0938	0,1058	7,73	2,5	0,27	0,0105	0,0099	2	0,29	3,5	0,39	0,036
M-10	1	FFCM-171201	04-dic-17	18-dic-17	247	149	546	1,68	10,16	1	1	1	1	2	0,0098	0,0106	0,0083	0,0098	0,0941	0,1055	7,75	2,5	0,3	0,0109	0,0096	2	0,21	3,5	0,33	0,035
M-10	2	FFCM-171202	04-dic-17	18-dic-17	248	149	547	1,69	10,16	1	1	1	1	2	0,0098	0,0108	0,0084	0,0097	0,0941	0,1055	7,75	2,5	0,3	0,0109	0,0096	2	0,21	3,5	0,33	0,035
M-10	3	FFCM-171203	04-dic-17	18-dic-17	248	149	545	1,69	10,16	1	1	1	1	2	0,0098	0,0108	0,0083	0,0098	0,0941	0,1055	7,75	2,5	0,3	0,0109	0,0096	2	0,21	3,5	0,33	0,035

**Tabla 3.2** Resultados de análisis Operador 2

**CONTROL DE DATOS PARA ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD**  
**LABORATORIO DE FLUIDOS HIDRAULICOS**  
**(MSA)**

Nombre y No. de Parte: DOT 3

Operador: Julio Jesus Pulido Nolasco

Año: 2017

Muestra	Repetición	Folio de análisis	Inicio	Final	P. EQ. 205 °C Min	P. EQ. Húmedo 140 °C Min	VISC -40 1800 cSt Máx	VISC 100 1,5 cSt. mín.	PH 7.0 - 11.5	Estabilidad			Fluidez		Tolerancia		Corrosión								Oxidación		Efecto sobre hule SBR				% de Humedad
										Alta Temp.	Química	-40 10 s. máx.	-50 35 s. máx.	-40 10 s. máx.	Hierro estañado 0,2 máx.	Acero 0,2 máx.	Aluminio 0,1 máx.	Hierro de Fundición 0,2 máx.	Latón 0,4 máx.	Cobre 0,4 máx.	pH 7-11,5	Dureza menor de 15 GIDH	Incremento Diámetro 1,4 mm máx.	Aluminio 0,05 mg/cm2 máx	Hierro de Fundición 0,30 mg/cm2 máx	70 °C		120 °C			
																										Disminución de dureza menor de 10 GIDH	Incremento de diámetro De 0,15 a 1,40	Disminución de dureza menor de 15 GIDH	Incremento de diámetro De 0,15 a 1,40		
M-1	1	JPN-170301	03-mar-17	16-mar-17	244	144	544	1,64	10,09	1	1	1	1	1	0,0095	0,0064	0,0083	0,0098	0,087	0,1052	7,56	2,5	0,24	0,0094	0,008	2	0,27	3	0,36	0,036	
	2	JPN-170302	03-mar-17	16-mar-17	244	144	545	1,65	10,09	1	1	1	1	1	0,0095	0,0063	0,0082	0,0097	0,087	0,1052	7,56	2,5	0,24	0,0094	0,008	2	0,27	3	0,36	0,036	
	3	JPN-170303	16-mar-17	30-mar-17	244	144	545	1,65	10,09	1	1	1	1	1	0,0095	0,0064	0,0082	0,0098	0,087	0,1052	7,56	2,5	0,24	0,0094	0,008	2	0,27	3	0,36	0,036	
M-2	1	JPN-170401	03-abr-17	17-abr-17	247	148	545	1,64	10,08	1	1	1	1	1	0,0091	0,0074	0,0083	0,0097	0,0874	0,1055	7,58	2,5	0,24	0,0098	0,0075	2	0,22	3	0,36	0,034	
	2	JPN-170402	03-abr-17	17-abr-17	247	148	544	1,64	10,08	1	1	1	1	1	0,0091	0,0073	0,0083	0,0097	0,0874	0,1055	7,58	2,5	0,24	0,0098	0,0075	2	0,22	3	0,36	0,034	
	3	JPN-170403	17-abr-17	01-may-17	247	148	544	1,65	10,08	1	1	1	1	1	0,0091	0,0074	0,0083	0,0097	0,0874	0,1055	7,55	2,5	0,24	0,0098	0,0075	2	0,22	3	0,36	0,034	
M-3	1	JPN-170501	01-may-17	15-may-17	248	148	517	1,66	10,08	2	2	1	1	2	0,0103	0,0072	0,0092	0,0077	0,0715	0,1065	7,74	2,5	0,29	0,0087	0,0075	2	0,25	3,5	0,37	0,047	
	2	JPN-170502	01-may-17	15-may-17	248	148	518	1,65	10,08	2	2	1	1	2	0,0103	0,0071	0,0092	0,0077	0,0715	0,1065	7,77	2,5	0,29	0,0087	0,0078	2	0,25	3,5	0,37	0,047	
	3	JPN-170503	15-may-17	29-may-17	248	148	516	1,66	10,08	2	2	1	1	2	0,0103	0,0072	0,0092	0,0077	0,0715	0,1065	7,75	2,5	0,29	0,0087	0,0075	2	0,25	3,5	0,37	0,047	
M-4	1	JPN-170601	31-may-17	14-jun-17	246	145	517	1,79	10,14	2	2	1	1	2	0,0102	0,0074	0,0088	0,0075	0,0809	0,1065	7,71	2,5	0,22	0,0089	0,0078	2	0,25	3,5	0,36	0,048	
	2	JPN-170602	31-may-17	14-jun-17	246	145	518	1,79	10,14	2	2	1	1	2	0,0102	0,0074	0,0088	0,0075	0,0839	0,1065	7,73	2,5	0,22	0,0089	0,0078	2	0,25	3,5	0,36	0,047	
	3	JPN-170603	15-jun-17	29-jun-17	246	145	516	1,79	10,14	2	2	1	1	2	0,0102	0,0074	0,0089	0,0075	0,0845	0,1065	7,71	2,5	0,22	0,0089	0,0078	2	0,25	3,5	0,35	0,051	
M-5	1	JPN-170701	30-jun-17	14-jul-17	248	148	536	1,69	10,22	2	2	1	1	2	0,0099	0,0085	0,0091	0,007	0,0935	0,1039	7,71	3	0,29	0,0087	0,0096	2	0,27	3	0,4	0,029	
	2	JPN-170702	30-jun-17	14-jul-17	248	148	535	1,68	10,22	2	2	1	1	2	0,0098	0,0085	0,0091	0,007	0,0935	0,1039	7,71	3	0,28	0,0087	0,0096	2	0,27	3	0,4	0,029	
	3	JPN-170703	14-jul-17	28-jul-17	248	148	536	1,68	10,22	2	2	1	1	2	0,0098	0,0085	0,0091	0,007	0,0935	0,1039	7,71	3	0,29	0,0087	0,0096	2	0,27	3	0,4	0,029	
M-6	1	JPN-170801	31-jul-17	14-ago-17	245	146	527	1,68	10,26	2	2	1	1	2	0,0099	0,0087	0,0099	0,0075	0,0922	0,1041	7,73	3	0,28	0,0088	0,0091	2	0,28	3	0,35	0,029	
	2	JPN-170802	31-jul-17	14-ago-17	245	146	527	1,69	10,24	2	2	1	1	2	0,0099	0,0088	0,0099	0,0075	0,0934	0,1041	7,76	3	0,28	0,0089	0,0091	2	0,28	3	0,35	0,029	
	3	JPN-170803	15-ago-17	29-ago-17	245	146	527	1,69	10,25	2	2	1	1	2	0,0099	0,0084	0,0099	0,0075	0,0933	0,1041	7,73	3	0,28	0,0087	0,0091	2	0,28	3	0,35	0,028	
M-7	1	JPN-170901	30-ago-17	15-sep-17	250	148	540	1,67	10,07	1	2	1	1	2	0,0094	0,0085	0,0088	0,0097	0,0945	0,1063	7,76	2	0,2	0,0087	0,0095	2	0,29	3,5	0,34	0,056	
	2	JPN-170902	30-ago-17	15-sep-17	250	148	539	1,68	10,07	1	2	1	1	2	0,0094	0,0086	0,0088	0,0097	0,0925	0,1063	7,77	2	0,2	0,0087	0,0096	2	0,29	3,5	0,34	0,056	
	3	JPN-170903	15-sep-17	29-sep-17	250	148	539	1,68	10,07	1	2	1	1	2	0,0094	0,0085	0,0087	0,0097	0,0937	0,1063	7,76	2	0,2	0,0088	0,0098	2	0,29	3,5	0,34	0,055	
M-8	1	JPN-171001	02-oct-17	16-oct-17	247	146	542	1,73	10,2	1	2	1	1	2	0,0095	0,0085	0,0087	0,009	0,0934	0,1068	7,42	2	0,28	0,0088	0,0102	2	0,23	3,5	0,4	0,054	
	2	JPN-171002	02-oct-17	16-oct-17	247	146	542	1,74	10,2	1	2	1	1	2	0,0095	0,0085	0,0087	0,009	0,0948	0,1068	7,42	2	0,28	0,0086	0,0102	2	0,23	3,5	0,4	0,054	
	3	JPN-171003	17-oct-17	31-oct-17	247	146	542	1,73	10,2	1	2	1	1	2	0,0095	0,0085	0,0087	0,009	0,0944	0,1068	7,42	2	0,28	0,0089	0,0102	2	0,22	3,5	0,4	0,054	
M-9	1	JPN-171101	03-nov-17	17-nov-17	252	144	545	1,65	10,19	1	1	1	1	2	0,01	0,011	0,008	0,0096	0,0927	0,1058	7,75	2,5	0,27	0,0105	0,0095	2	0,29	3,5	0,39	0,034	
	2	JPN-171102	03-nov-17	17-nov-17	252	144	547	1,65	10,19	1	1	1	1	2	0,01	0,011	0,008	0,0095	0,0931	0,1058	7,76	2,5	0,27	0,0105	0,0093	2	0,29	3,5	0,39	0,036	
	3	JPN-171103	17-nov-17	01-dic-17	252	144	546	1,65	10,19	1	1	1	1	2	0,01	0,011	0,008	0,0095	0,0937	0,1058	7,77	2,5	0,27	0,0105	0,0095	2	0,29	3,5	0,4	0,035	
M-10	1	JPN-171201	04-dic-17	18-dic-17	248	149	545	1,69	10,16	1	1	1	1	2	0,0099	0,0106	0,0083	0,0098	0,0942	0,1056	7,74	2,5	0,3	0,0109	0,0095	2	0,21	3,5	0,33	0,035	
	2	JPN-171202	04-dic-17	18-dic-17	248	149	547	1,69	10,16	1	1	1	1	2	0,0099	0,0106	0,0083	0,0098	0,0942	0,1056	7,74	2,5	0,3	0,0109	0,0095	2	0,21	3,5	0,33	0,035	
	3	JPN-171203	18-dic-17	01-ene-18	248	149	546	1,68	10,16	1	1	1	1	2	0,0099	0,0105	0,0084	0,0096	0,0942	0,1056	7,74	2,5	0,3	0,0109	0,0095	2	0,21	3,5	0,33	0,035	



### 3.2 Resultados de análisis en Minitab

Con lo anterior, se ingresaron los resultados de cada prueba de los 3 analistas en el software Minitab. Por cada prueba el programa arroja 6 graficas llamadas “six pack” y un reporte en el que nos muestra el porcentaje de variación.

#### 3.2.1 Punto de ebullición en equilibrio

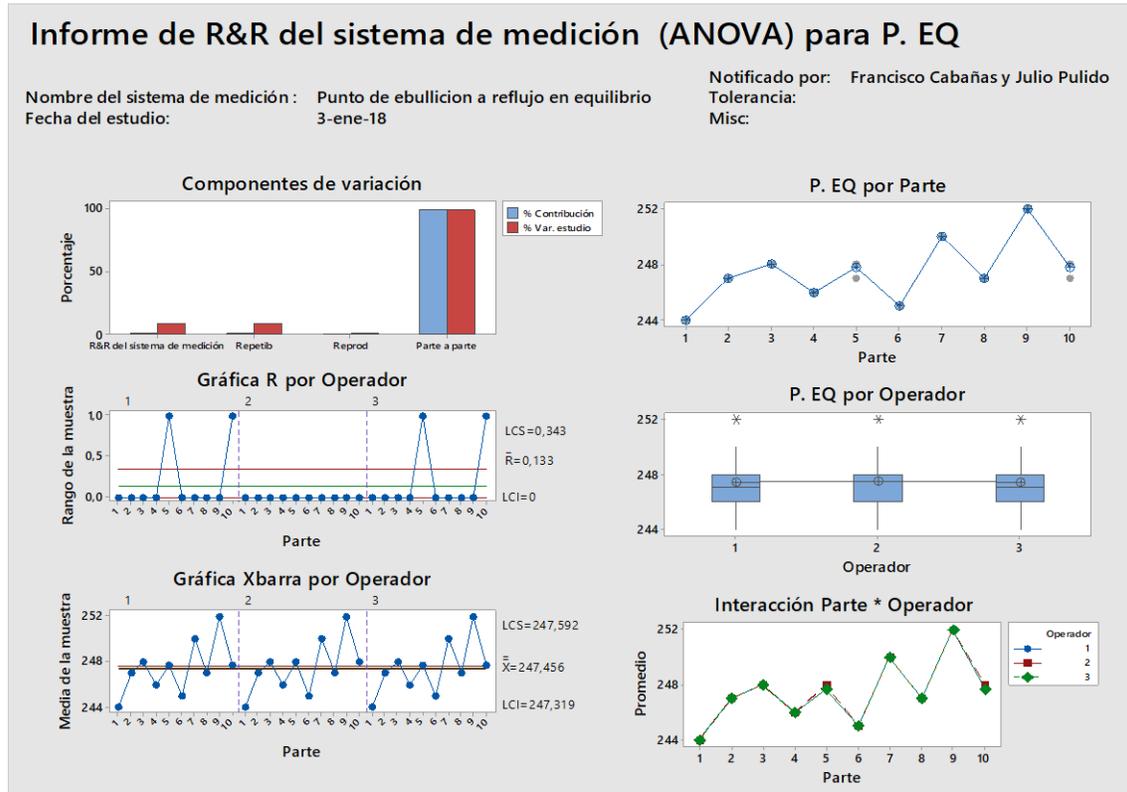


Figura 3.1 Resultados Punto de ebullición en equilibrio

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para P. EQ  
 Nombre del sistema de medición : Punto de Ebullición en equilibrio.  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,19732	1,1839	8,50
Repetibilidad	0,19684	1,1810	8,48
Reproducibilidad	0,01378	0,0827	0,59
Operador	0,01378	0,0827	0,59
Parte a parte	2,31171	13,8702	99,64
Variación total	2,32011	13,9207	100,00

Número de categorías distintas = 16

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **TEMPERATURA DE EBULLICIÓN A REFLUJO**

Valor de %R&R: **8,50**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **16**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Se logra visualizar que en los valores en las réplicas 5 y 10 se encuentran fuera del valor de la media, lo que nos indica que algunos de los operadores obtuvieron un resultado diferente del promedio.
- Por operador: En esta grafica se muestra una distribución simétrica de datos de los operadores 1 y 3 con respecto al operador 2, la gráfica nos indica que en los 3 operadores existen determinaciones que están fuera de la media y distribución, lo que se podría interpretar como datos anómalos.
- Parte y operador: En este grafico se visualiza la variación entre las partes y entre operadores, se puede observar en el grafico que los operadores realizan sus mediciones de manera similar y consistente a excepción del operador 2 en la réplica 5 que ligeramente obtuvo un promedio por arriba de los demás operadores.
- Gráfica de control de promedios: En este grafico representa el comportamiento individual de los datos y la desviación del promedio del total, como se observa la mayoría de los puntos se encuentran fuera de los límites de control, pero es normal ya que la mayoría de la variación se encuentra entre las partes.
- Gráfica de control de rangos: Se observa que en las partes 5 y 10 de los operadores 1 y 3 respectivamente tienen mayor inconsistencia al tener 2 puntos de control fuera del límite superior de control (LSC)
- Componentes de variación: Se observa que la mayor fuente de la variabilidad se encuentra entre las partes y teniendo más variación en repetibilidad que en reproducibilidad.

### 3.2.2 Punto de ebullición en equilibrio húmedo

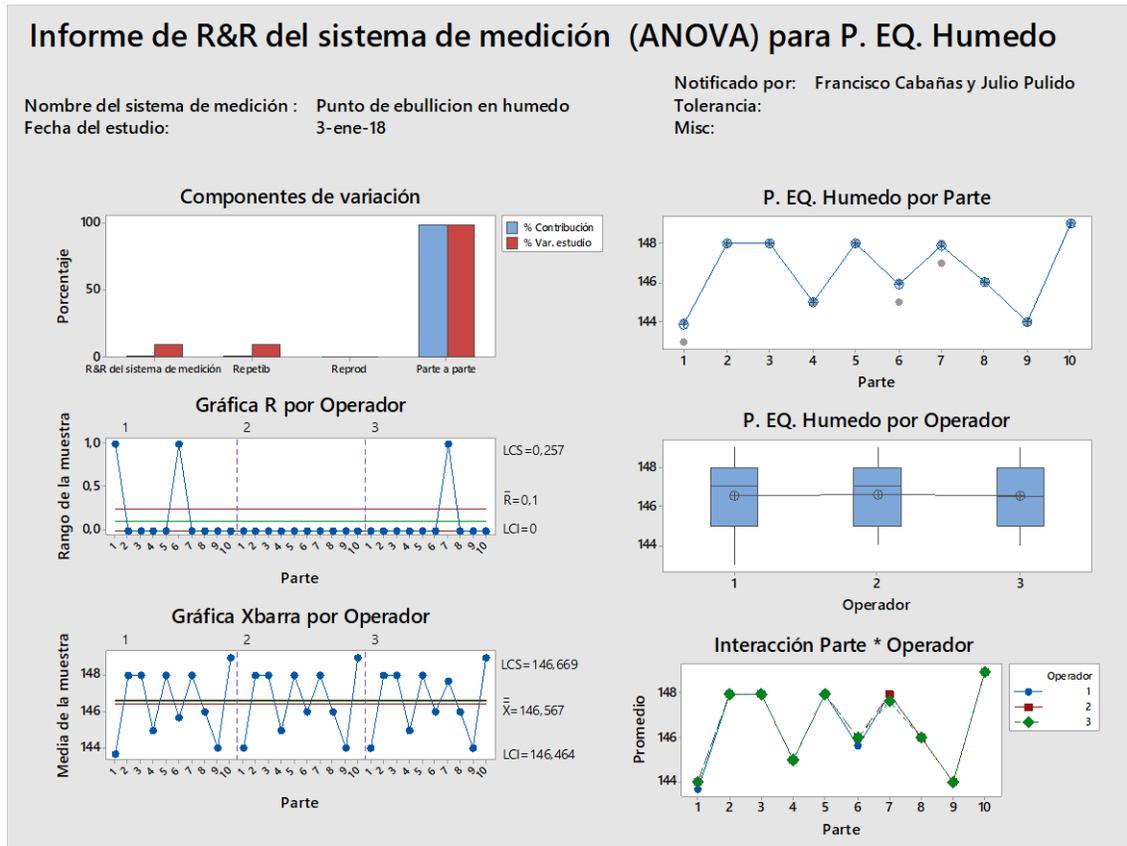


Figura 3.2 Resultados Punto de ebullición en equilibrio húmedo

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para P. EQ. Húmedo

Nombre del sistema de medición : Punto de Ebullición en Húmedo  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,18257	1,0954	9,82
Repetibilidad	0,18257	1,0954	9,82
Reproducibilidad	0,00000	0,0000	0,00
Operador	0,00000	0,0000	0,00
Parte a parte	1,84970	11,0982	99,52
Variación total	1,85869	11,1521	100,00

Número de categorías distintas = 14

Sistema sujeto al estudio: **LIQUIDO PARA FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **TEMPERATURA DE EBULLICIÓN EN HÚMEDO A REFLUJO EQUILIBRADO**

Valor de %R&R: **9,82**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **14**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Se muestra que en los valores en las réplicas 1, 6 y 7 se encuentran fuera del valor de la media, lo que nos indica que algunos de los operadores obtuvieron un resultado diferente del promedio.
- Por operador: En esta grafica se muestra una distribución no muy simétrica de datos de los operadores 1 y 2 con respecto al operador 3, la gráfica nos indica que el operador 2 tuvo un valor mínimo diferente a los otros 2 operadores, pero no anómalo.
- Parte y operador: El comportamiento de los resultados mostrados en este grafico nos indica que los operadores fueron en su mayoría consistentes en sus mediciones, se puede observar una pequeña variación del operador 3 en las réplicas 1 y 6 que ligeramente obtuvo un promedio por arriba de los demás operadores.
- Gráfica de control de promedios: En este caso en la gráfica muestra que la mayoría de los datos se encuentran fuera de los límites de control por la misma variación entre las partes.
- Gráfica de control de rangos: Los 3 operadores tienen consistencia en la mayoría de sus lecturas, pero existen 3 puntos fuera del límite superior de control lo cual nos indica que el operador 1 y 3 tuvieron una variación en sus mediciones.
- Componentes de variación: La mayoría de la variación se presenta entre las partes, teniendo un porcentaje mayor de repetibilidad que reproducibilidad.

### 3.2.3 Viscosidad Cinematica a -40° C

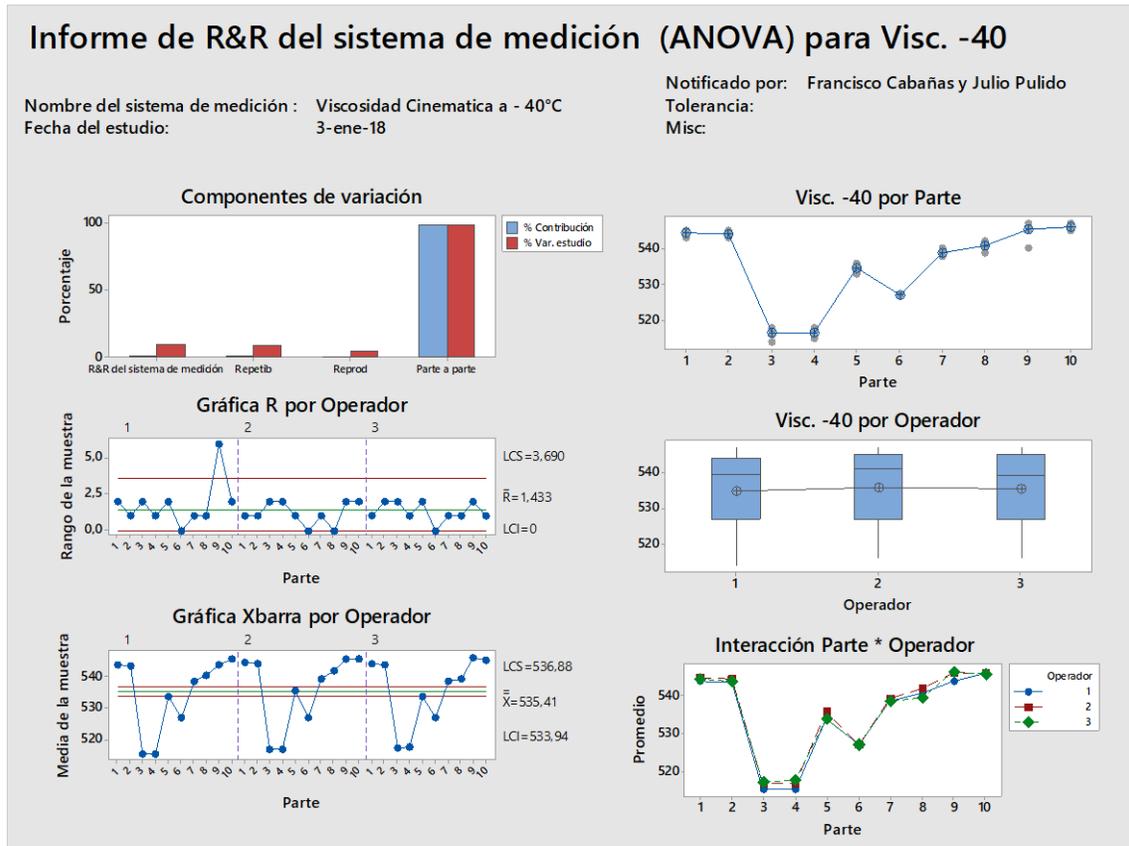


Figura 3.3 Resultados de Viscosidad cinemática a -40° C

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Visc. -40

Nombre del sistema de medición : Viscosidad a -40°C  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	1,1438	6,8630	9,93
Repetibilidad	1,0368	6,2207	9,00
Reproducibilidad	0,4831	2,8989	4,20
Operador	0,4831	2,8989	4,20
Parte a parte	11,4601	68,7608	99,51
Variación total	11,5171	69,1025	100,00

Número de categorías distintas = 14

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **VISCOSIDAD CINEMÁTICA A -40°C**

Valor de %R&R: **9.93**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **14**

Dictamen: **ACEPTABLE**

### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: En la mayoría de los puntos en el grafico nos muestra que los analistas tuvieron sus mediciones dentro del promedio con excepción de las partes 3 y 9 que muestran una ligera dispersión.
- Por operador: El grafico nos muestra que los 3 analistas tienen datos dispersos y sus medias aritméticas se encuentran en el tercer cuartil lo que indica que los datos comprendidos entre el 25% y el 50% tienen una mayor dispersión.
- Parte y operador: Se logra visualizar en el grafico que los 3 analistas hacen sus determinaciones de manera similar, se tiene estandarización sin embargo en las partes 3,4,7,8 y 9 se percibe un pequeño desfase del analista 1 y 2.
- Gráfica de control de promedios: En este grafico representa el comportamiento individual de los datos y la desviación del promedio del total, como se observa la mayoría de los puntos se encuentran fuera de los límites de control, pero es normal ya que la mayoría de la variación se encuentra en las partes.
- Gráfica de control de rangos: En la gráfica R por operador, el analista 2 y 3 mantienen sus lecturas dentro de los límites de control, lo que nos indica consistencia en los resultados, sin embargo, el analista tiene 1 punto fuera de los límites de control lo cual sugiere una desviación al sistema de medición.
- Componentes de variación: En su mayoría la variación se encuentra entre las partes seleccionadas para el estudio teniendo un porcentaje mayor de repetibilidad que en reproducibilidad.

### 3.2.4 Viscosidad Cinemática a 100 °C

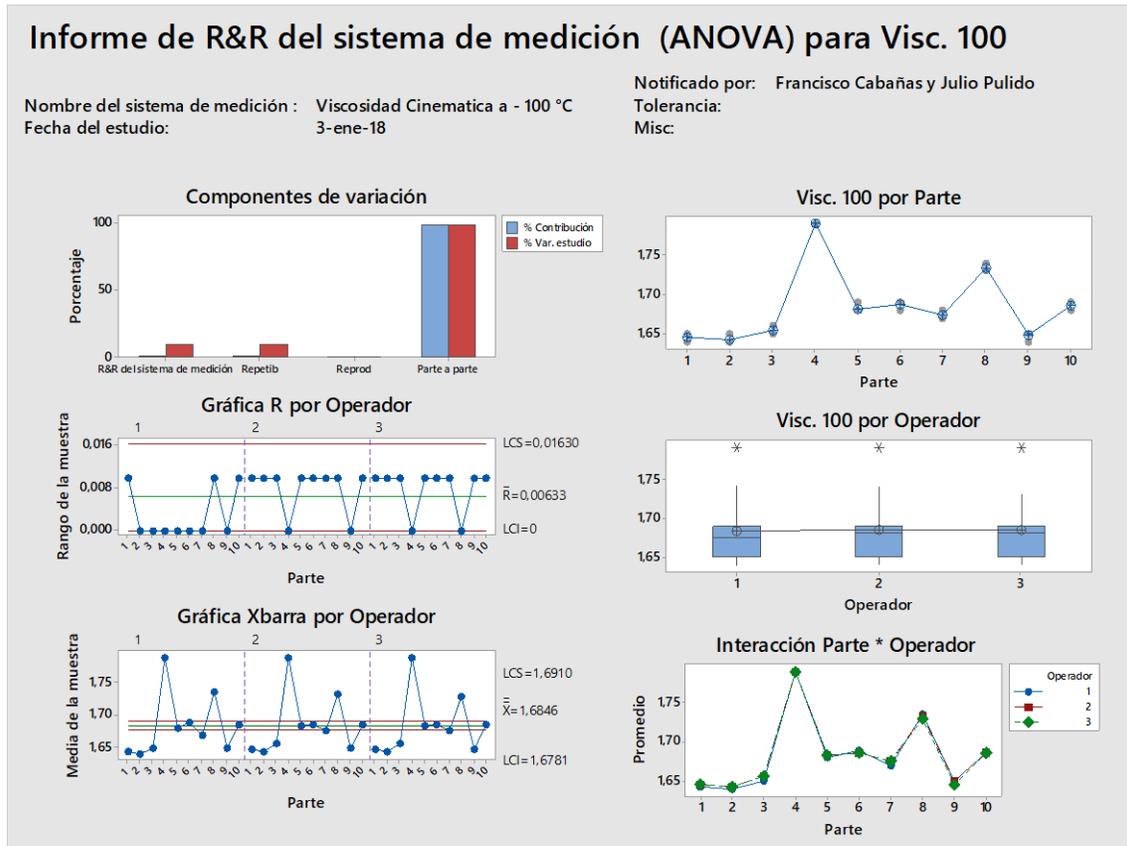


Figura 3.4 Resultados Viscosidad Cinemática a 100 °C

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Visc. 100

Nombre del sistema de medición : Viscosidad a 100 °C  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0045039	0,027023	9,73
Repetibilidad	0,0045007	0,027004	9,73
Reproducibilidad	0,0001688	0,001013	0,36
Operador	0,0001688	0,001013	0,36
Parte a parte	0,0460579	0,276347	99,53
Variación total	0,0462776	0,277665	100,00

Número de categorías distintas = 14

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 100°C**

Valor de %R&R: **9,73**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **14**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: La distribución de datos es similar entre las partes, en las partes 2 y 9 se llegan a salir del promedio y se visualiza una buena variación entre los mismos lotes.
- Por operador: Los operadores 2 y 3 tienen distribución no simétrica de datos, lo que nos indica que hay más distribución de datos de los cuartiles del 25% al 50%, en cuanto al operador 1 tienen una distribución de datos un poco más simétrica y los tres operadores tienen datos anómalos.
- Parte y operador: En esta gráfica observamos que el modo de medir de los 3 operadores es muy similar ya que las 3 líneas están casi sobrepuestas, lo que nos indica una buena estandarización.
- Gráfica de control de promedios: El comportamiento de los resultados entre los operadores es el mismo, como existe variación entre las partes, la gráfica muestra a la mayoría de los puntos fuera de los límites de control.
- Gráfica de control de rangos: El operador 2 y 3 tienen la misma consistencia entre la media de sus rangos, en operador 1 tiene menor consistencia entre sus lecturas, pero los 3 tienen sus datos dentro de los límites de control.
- Componentes de variación: La variación parte a parte es la que aporta el mayor porcentaje de variación, en cuanto a la repetibilidad aporta mayor variabilidad al estudio que la reproducibilidad.

### 3.2.5 Determinación de pH

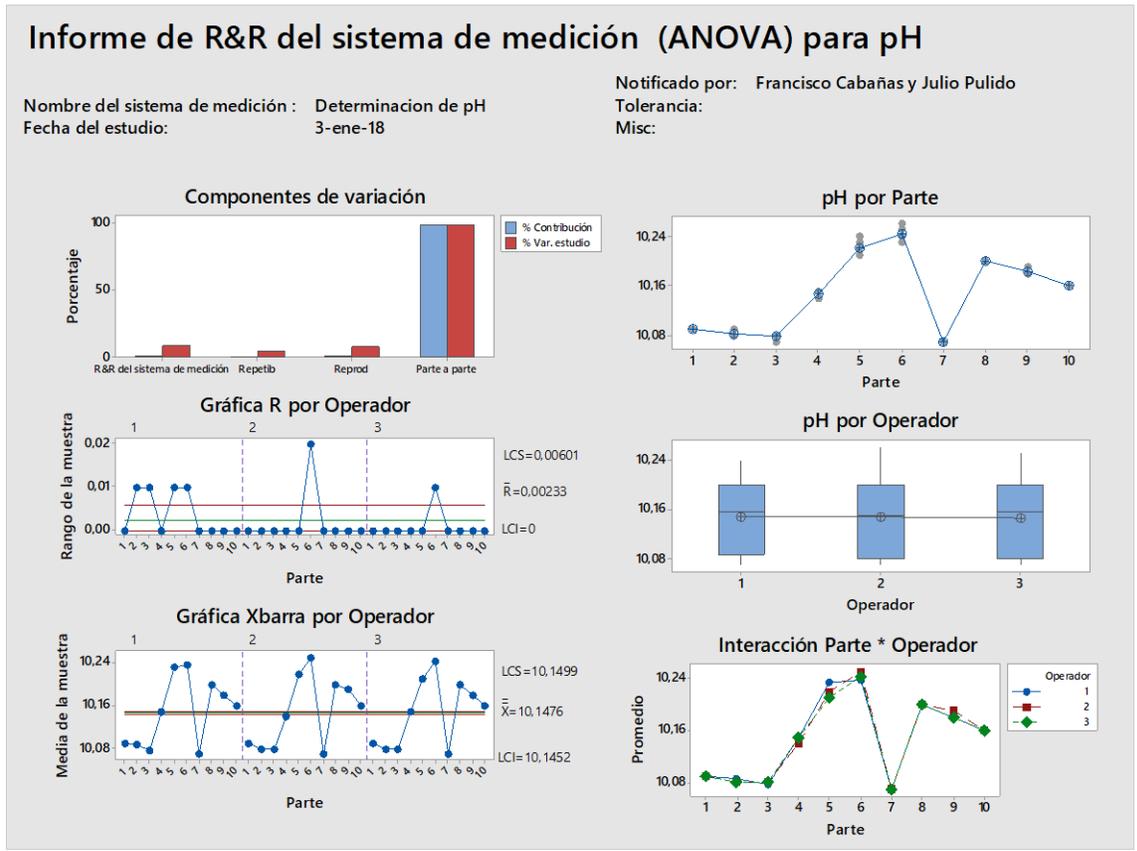


Figura 3.5 Resultados de pH

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para pH

Nombre del sistema de medición : pH  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0058549	0,035129	9,09
Repetibilidad	0,0029814	0,017889	4,63
Reproducibilidad	0,0050389	0,030234	7,83
Operador	0,0000000	0,000000	0,00
Operador*Parte	0,0050389	0,030234	7,83
Parte a parte	0,0641144	0,384687	99,59
Variación total	0,0643812	0,386287	100,00

Número de categorías distintas = 15

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **DETERMINACIÓN DE pH**

Valor de %R&R: **9.09**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **15**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: En el grafico se puede observar que algunas de las mediciones de las partes 5 y 6 se encuentran en un intervalo mayor que las distribuciones de las demás replicas.
- Por operador: Los analistas 1 y 3 tienen una distribución de datos muy similar, pero no muestra ninguna simetría ya que la media aritmética se encuentra en el 3er cuartil, en cuanto al operador 2 tiene la distribución de datos más simétrica, ninguno de los 3 analistas presento resultados anómalos.
- Parte y operador: El comportamiento de la medición es casi similar para los 3 analistas, en los lotes 5 y 9 se observa una ligera desviación en las mediciones de los operadores, 1 y 2.
- Gráfica de control de promedios: Se logra visualizar en el grafico que el comportamiento de los resultados es igual en los 3 analistas con la mayoría de puntos fuera de los límites de control.
- Gráfica de control de rangos: En esta grafica se observa que el operador 1 tiene 4 puntos fuera de los límites de control, mientras que en los operadores 2 y 3 solo se encuentra 1 punto fuera de los limites.
- Componentes de variación: El porcentaje mayor de variación se le atribuye a las partes, se tiene mayor porcentaje de variación en reproducibilidad que en repetibilidad.

### 3.2.6 Estabilidad a altas temperaturas

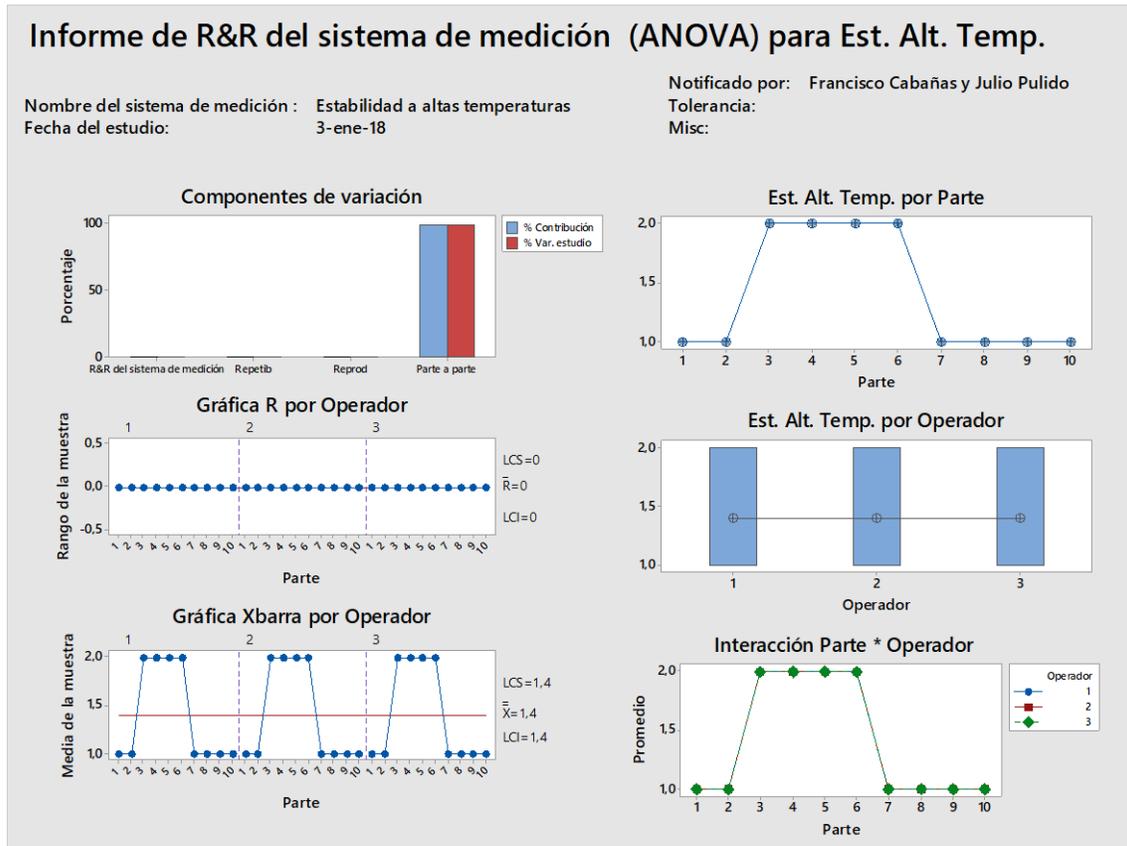


Figura 3.6 Resultados de estabilidad a altas temperaturas

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Est. Alt. Temp.

Nombre del sistema de medición : pH  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,000000	0,000000	0,00
Repetibilidad	0,000000	0,000000	0,00
Reproducibilidad	0,000000	0,000000	0,00
Operador	0,000000	0,000000	0,00
Operador*Parte	0,000000	0,000000	0,00
Parte a parte	0,516398	3,09839	100,00
Variación total	0,516398	3,09839	100,00

Número de categorías distintas = \*

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **ESTABILIDAD A ALTA TEMPERATURA**

Valor de %R&R: **0**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **\***

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Los 3 operadores obtuvieron el mismo resultado para cada determinación y no existe mucha variación entre las partes.
- Por operador: La distribución de los datos es la misma para los 3 analistas, una línea recta entre los operadores indica que las medias de las mediciones de cada operador son iguales, aunque los resultados se encuentran más dispersos en el segundo y tercer cuartil.
- Parte y operador: No existe la variación entre los operadores.
- Gráfica de control de promedios: Se muestra por operador el mismo comportamiento en las determinaciones para cada parte.
- Gráfica de control de rangos: Los 3 operadores muestran la misma consistencia en las determinaciones.
- Componentes de variación: No existe variación en la repetibilidad ni en la reproducibilidad.

### 3.2.7 Estabilidad química

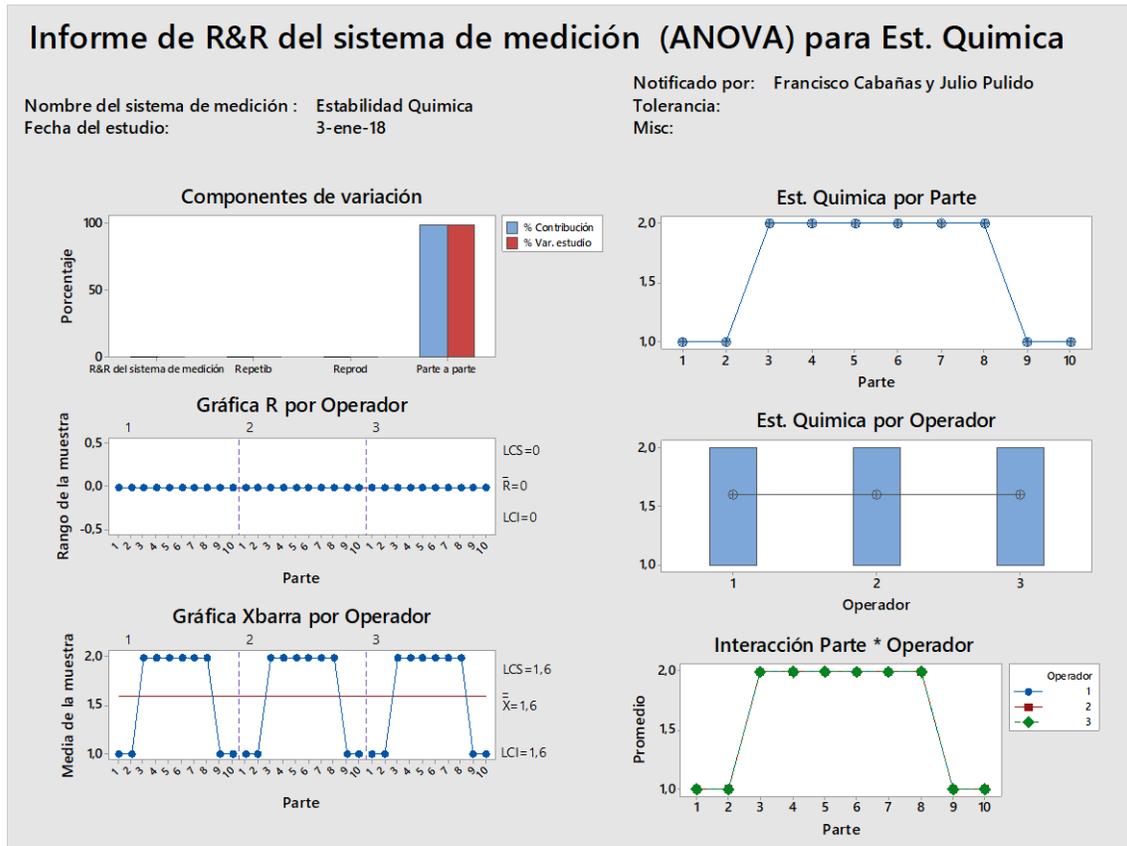


Figura 3.7 Resultados estabilidad química

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Est. Química

Nombre del sistema de medición : Estabilidad química  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,000000	0,000000	0,00
Repetibilidad	0,000000	0,000000	0,00
Reproducibilidad	0,000000	0,000000	0,00
Operador	0,000000	0,000000	0,00
Operador*Parte	0,000000	0,000000	0,00
Parte a parte	0,516398	3,09839	100,00
Variación total	0,516398	3,09839	100,00

Número de categorías distintas = \*

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **ESTABILIDAD QUÍMICA**

Valor de %R&R: **0**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **\***

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Los 3 operadores obtuvieron el mismo resultado para cada determinación y no existe mucha variación entre las partes.
- Por operador: La distribución de los datos es la misma para los 3 analistas, una línea recta entre los operadores indica que las medias de las mediciones de cada operador son iguales, sin embargo, la mayoría de la dispersión de los resultados se encuentran en el primer y segundo cuartil.
- Parte y operador: No existe la variación entre los operadores.
- Gráfica de control de promedios: Se muestra por operador el mismo comportamiento en las determinaciones para cada parte.
- Gráfica de control de rangos: Los 3 operadores muestran la misma consistencia en las determinaciones.
- Componentes de variación: No existe variación en la repetibilidad ni en la reproducibilidad.

### 3.2.8 Determinación de la fluidez a - 40 °C

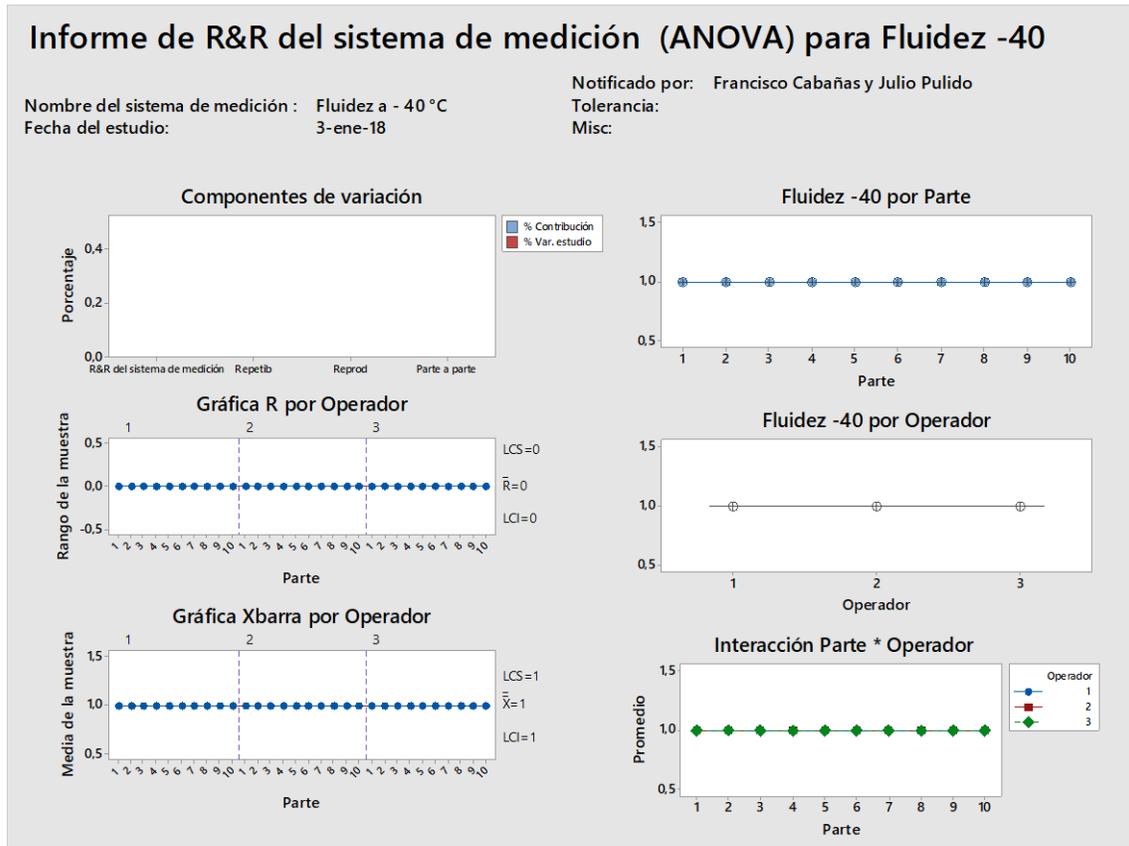


Figura 3.8 Resultados estabilidad química

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Fluidez -40

Nombre del sistema de medición : Fluidez a - 40 °C  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0	0	*
Repetibilidad	0	0	*
Reproducibilidad	0	0	*
Operador	0	0	*
Operador*Parte	0	0	*
Parte a parte	0	0	*
Variación total	0	0	*

Número de categorías distintas = \*

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **FLUIDEZ A -40 °C**

Valor de %R&R: **0**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **\***

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Los 3 operadores tienen sus datos en el mismo valor promedio para cada determinación.
- Por operador: La distribución de los datos es la misma para los 3 analistas, una línea recta entre los operadores indica que las medias de las mediciones de cada operador son iguales, sin mencionar que no tiene variación dicho sistema.
- Parte y operador: No existe variación entre operadores.
- Gráfica de control de promedios: Se muestra por operador el mismo comportamiento en las determinaciones para cada parte.
- Gráfica de control de rangos: Los 3 operadores muestran la misma consistencia en las determinaciones.
- Componentes de variación: No hay variación en la repetibilidad, reproducibilidad ni parte a parte.

### 3.2.9 Determinación de la fluidez a -50° C

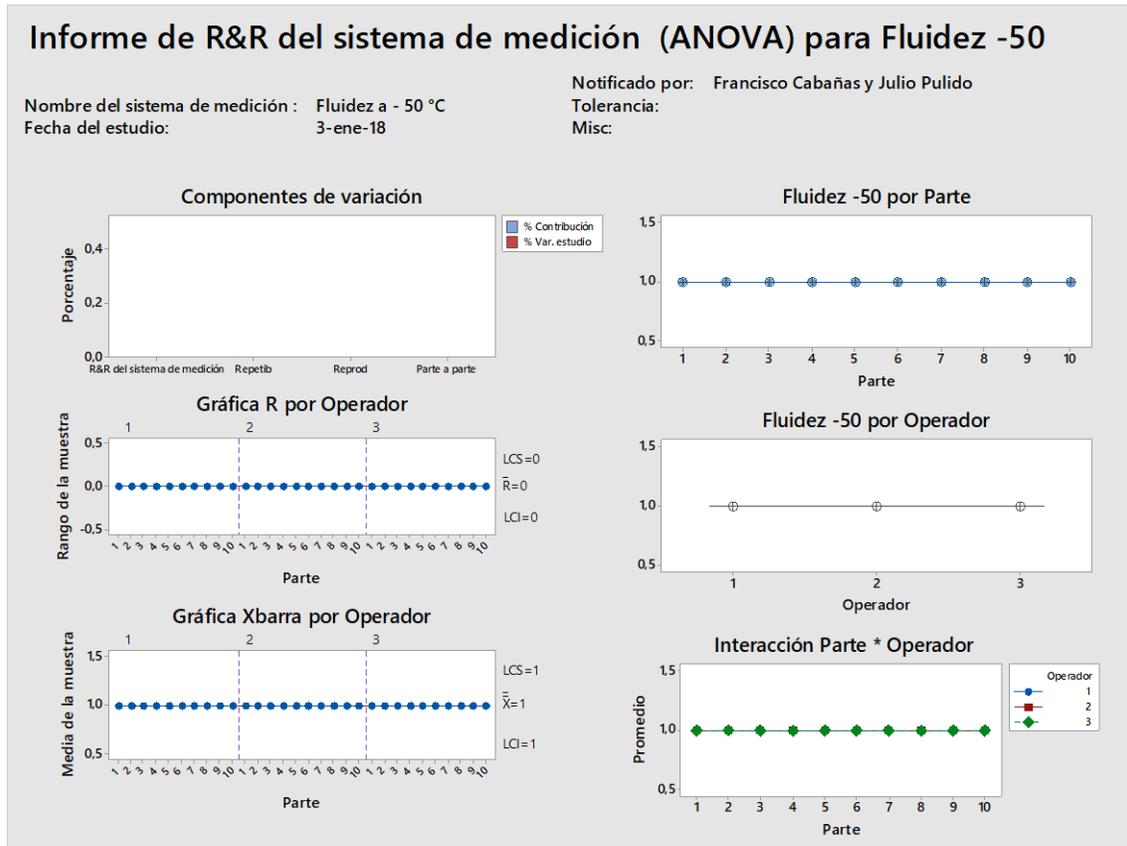


Figura 3.9 Resultados de Fluidez a -50° C

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Fluidez -50

Nombre del sistema de medición : Fluidez a - 50 °C  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0	0	*
Repetibilidad	0	0	*
Reproducibilidad	0	0	*
Operador	0	0	*
Operador*Parte	0	0	*
Parte a parte	0	0	*
Variación total	0	0	*

Número de categorías distintas = \*

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Fecha: **3-Ene-18**

Nombre del método: **FLUIDEZ A – 50 °C**

Valor de %R&R: **0**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **\***

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Los 3 operadores tienen sus datos en el mismo valor promedio para cada determinación.
- Por operador: La distribución de los datos es la misma para los 3 analistas, una línea recta entre los operadores indica que las medias de las mediciones de cada operador son iguales, sin mencionar que el sistema no tiene variación.
- Parte y operador: No existe variación entre operadores.
- Gráfica de control de promedios: Se muestra por operador el mismo comportamiento en las determinaciones para cada parte.
- Gráfica de control de rangos: Los 3 operadores muestran la misma consistencia en las determinaciones.
- Componentes de variación: No hay variación en la repetibilidad, reproducibilidad ni parte a parte.

### 3.2.10 Determinación de la tolerancia a -40° C

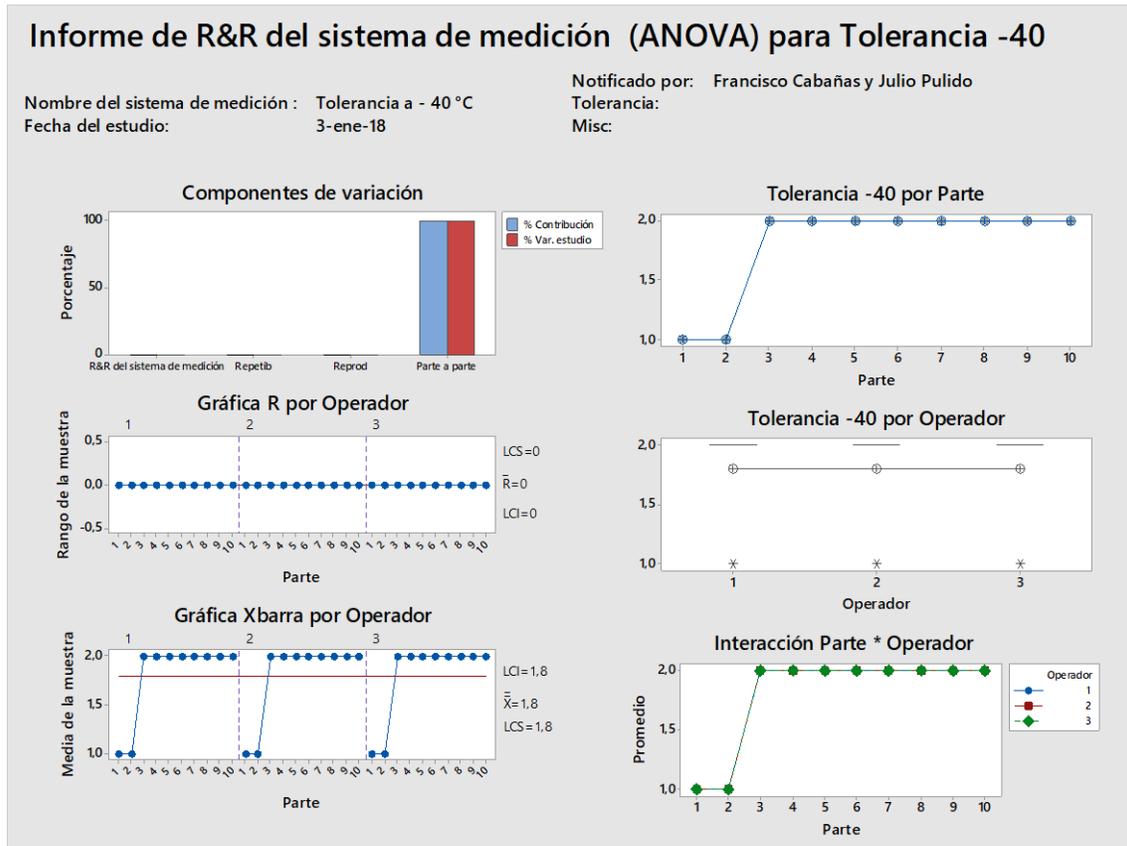


Figura 3.10 Resultados de tolerancia a -40 °C

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Tolerancia -40

Nombre del sistema de medición : Tolerancia al agua - 40 °C  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,000000	0,00000	0,00
Repetibilidad	0,000000	0,00000	0,00
Reproducibilidad	0,000000	0,00000	0,00
Operador	0,000000	0,00000	0,00
Operador*Parte	0,000000	0,00000	0,00
Parte a parte	0,421637	2,52982	100,00
Variación total	0,421637	2,52982	100,00

Número de categorías distintas = \*

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **TOLERANCIA AL AGUA A – 40 °C**

Valor de %R&R: **0**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **\***

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Los 3 operadores tienen sus datos en el mismo valor promedio para cada determinación.
- Por operador: Indica que los 3 operadores determinaron valores diferentes en alguna de las partes, ahora si revisamos la gráfica de parte \* operador podemos ver la variación en las partes 1 y 2 por lo que el promedio se ve afectado, teniendo la mayoría de los datos fuera de la media.
- Parte y operador: No existe variación entre operadores.
- Gráfica de control de promedios: Se muestra por operador el mismo comportamiento en las determinaciones para cada parte.
- Gráfica de control de rangos: Los 3 operadores muestran la misma consistencia en las determinaciones.
- Componentes de variación: No hay variación en la repetibilidad ni en la reproducibilidad.

### 3.2.11 Corrosión en placa de hierro estañado

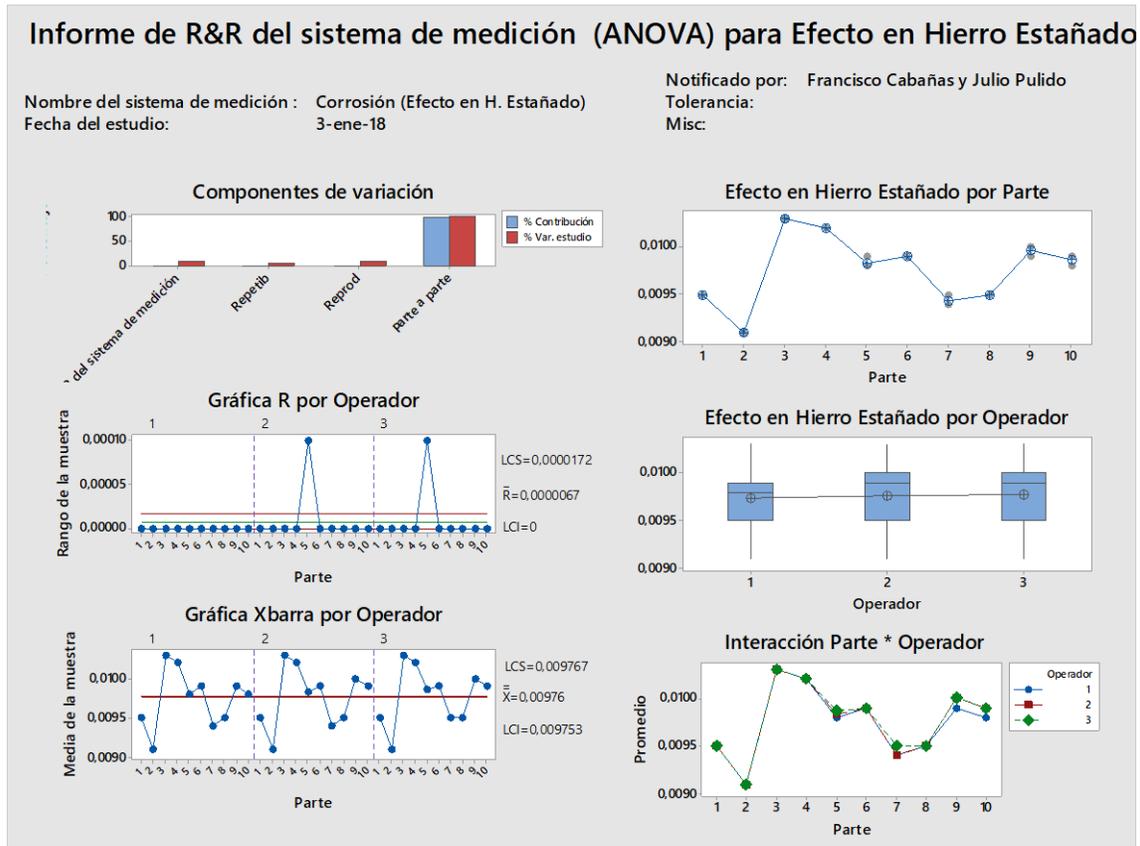


Figura 3.11 Resultados de Corrosión en placa de hierro estañado

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Efecto en Hierro Estañado

Nombre del sistema de medición : Corrosión (Efecto en H. Estañado)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0000355	0,0002129	9,52
Repetibilidad	0,0000149	0,0000894	4,00
Reproducibilidad	0,0000322	0,0001932	8,64
Operador	0,0000161	0,0000966	4,32
Operador*Parte	0,0000279	0,0001673	7,48
Parte a parte	0,0003711	0,0022264	99,55
Variación total	0,0003728	0,0022366	100,00

Número de categorías distintas = 14

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **CORROSIÓN, CAMBIO DE PESO EN LAMINA DE HIERRO ESTAÑADO**

Valor de %R&R: **9,52**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **14**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Se puede observar en este grafico que las partes cuenta con variación entre sí, y en las partes 5,7 y 10 tienen resultados fuera de la media.
- Por operador: En el grafico podemos visualizar que los operadores 2 y 3 tienen mayor dispersión de los datos y con una simetría similar, obteniendo su media por arriba del promedio correspondiente, en cuanto al operador 1 este tiene menor dispersión y su media más cercana al valor promedio.
- Parte y operador: En las partes 7,9 y 10 se observa una ligera diferencia entre las medidas de los operadores, pero en general se muestra un comportamiento similar al momento de realizar las mediciones.
- Gráfica de control de promedios: Los 3 operadores muestran el mismo patrón en las determinaciones de las partes, pero debido a la variación de las partes todos los puntos se encuentran fuera de los límites de control.
- Gráfica de control de rangos: Se logra observar que el operador 1 mantiene una gran consistencia en sus mediciones mientras que los operadores 2 y 3 tienen 1 punto fuera de control.
- Componentes de variación: La variación parte a parte es la que tiene el porcentaje mayoritario del sistema de medición mientras que la repetibilidad tiene un porcentaje menor que la reproducibilidad.

### 3.2.12 Corrosión en placa de acero inoxidable

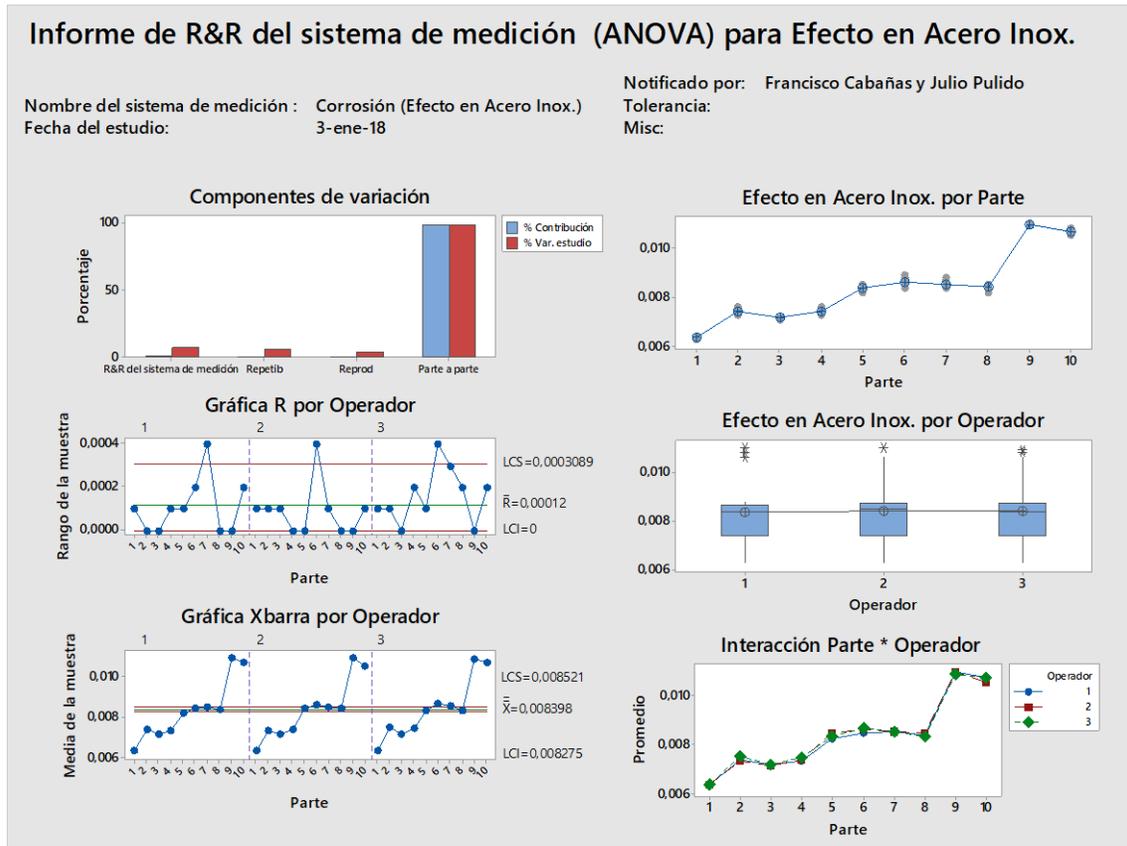


Figura 3.12 Resultados corrosión en placa de acero inoxidable

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Efecto en Acero Inox.

Nombre del sistema de medición : Corrosión (Efecto en Acero Inox.)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0001075	0,0006449	7,31
Repetibilidad	0,0000931	0,0005586	6,33
Reproducibilidad	0,0000537	0,0003223	3,65
Operador	0,0000000	0,0000000	0,00
Operador*Parte	0,0000537	0,0003223	3,65
Parte a parte	0,0014659	0,0087952	99,73
Variación total	0,0014698	0,0088188	100,00

Número de categorías distintas = 19

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **CORROSIÓN, CAMBIO DE PESO EN LAMINA DE ACERO INOX.**

Valor de %R&R: **7,31**

Dictamen: **ACEPTABLE**

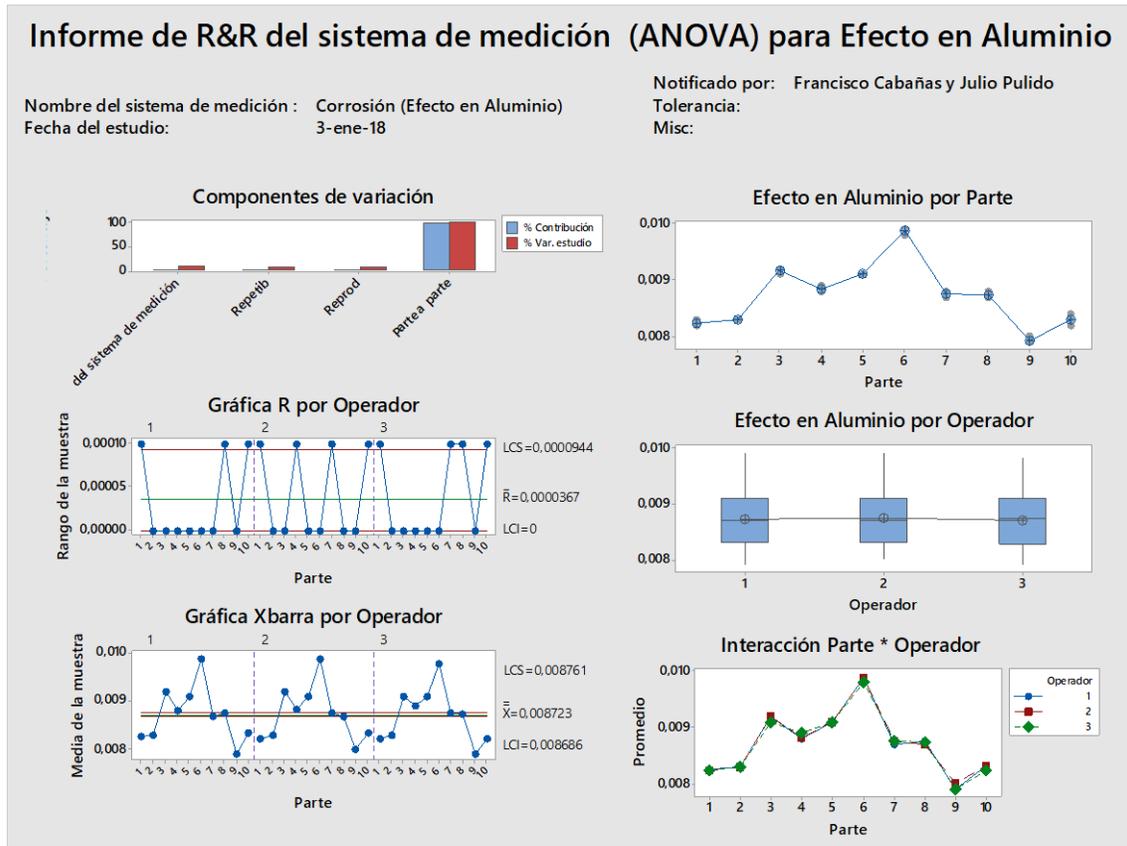
Valor de NDC: **19**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: En esta grafica podemos observar que en la parte 6 y 7 hay lecturas con un intervalo más amplio que las del promedio, pero en general en todas las partes se tienen valores similares.
- Por operador: Los 3 operadores tienen una simetría similar en cuanto a la distribución de sus datos, la mayor dispersión de datos se encuentra en el primer y segundo cuartil, todos los analistas tuvieron datos anómalos por arriba del valor máximo.
- Parte y operador: Como tal el comportamiento de medición en los 3 analistas es similar ya que las gráficas están prácticamente sobrepuestas salvo en algunos puntos como en las partes 2 y 5.
- Gráfica de control de promedios: En los 3 operadores se observa un comportamiento similar en los promedios de las partes, teniendo todos los puntos fuera de los límites de control.
- Gráfica de control de rangos: En esta grafica se observa una alta variabilidad entre los rangos de las partes, esto puede ser explicado por la misma variabilidad y naturaleza del método. Existen 3 puntos fuera de los límites de control, uno por cada operador.
- Componentes de variación: El porcentaje mayoritario en este sistema se ve atribuido por la variación parte a parte, teniendo un % mayor en repetibilidad que en reproducibilidad.

### 3.2.13 Corrosión en placa de aluminio



### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Efecto en Aluminio

Nombre del sistema de medición : Corrosión (Efecto en Aluminio)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0000520	0,0003120	9,17
Repetibilidad	0,0000350	0,0002098	6,17
Reproducibilidad	0,0000385	0,0002309	6,79
Operador	0,0000070	0,0000422	1,24
Operador*Parte	0,0000378	0,0002271	6,68
Parte a parte	0,0005644	0,0033866	99,58
Variación total	0,0005668	0,0034009	100,00

Número de categorías distintas = 15

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **CORROSIÓN, CAMBIO DE PESO EN LAMINA DE ALUMINIO**

Valor de %R&R: **9,17**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **15**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: En este grafico encontramos que los valores promedio en cada parte están dentro del promedio con la excepción de la parte 10 que ligeramente hay datos en un intervalo más grande.
- Por operador: La distribución de los datos es muy similar y muy simétrica en los 3 analistas, y en ninguno de ellos se observan resultados anómalos.
- Parte y operador: Las 3 graficas se encuentran sobrepuestas lo que nos indica una similitud entre los analistas al momento de tomar las mediciones.
- Gráfica de control de promedios: Los operadores 1 y 2 tienen un patrón similar en sus promedios, la diferencia de estos con el operador 3 radica en la parte 4 que ligeramente está más elevada en el 3er operador, los puntos en su totalidad se encuentran fuera de los límites de control.
- Gráfica de control de rangos: En esta grafica observamos que los 3 operadores tienen fuera de los límites de control algunos puntos lo que a simple vista nos podría indicar una gran inconsistencia, se debe considerar la variabilidad natural del mismo sistema.
- Componentes de variación: La totalidad de la variación en este sistema se le atribuye a la variación parte a parte, también teniendo un mayor porcentaje de variación en la reproducibilidad que en la repetibilidad.

### 3.2.14 Corrosión en placa de hierro de fundición

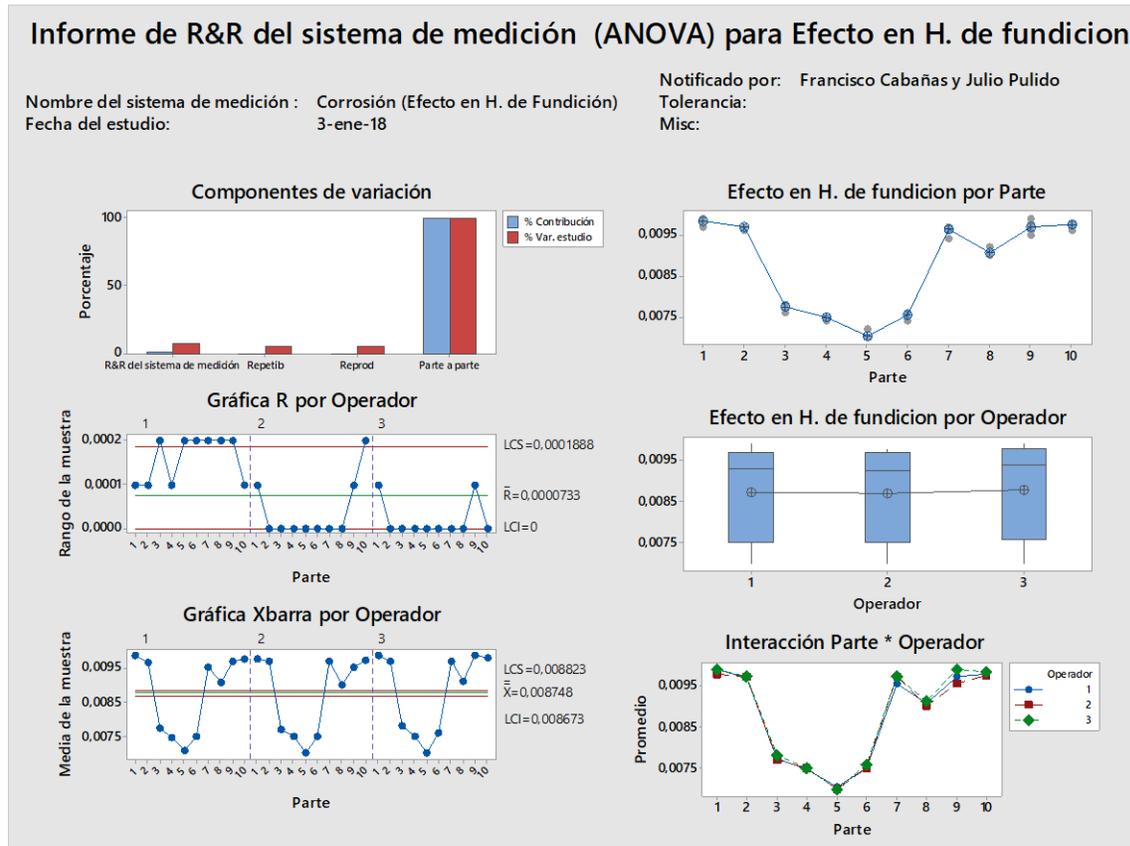


Figura 3.14 Resultados corrosión en placa de hierro de fundición

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Efecto en H. de fundición

Nombre del sistema de medición : Corrosión (Efecto en H. de fundición)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0000880	0,0005279	7,62
Repetibilidad	0,0000615	0,0003688	5,32
Reproducibilidad	0,0000630	0,0003777	5,45
Operador	0,0000361	0,0002164	3,12
Operador*Parte	0,0000516	0,0003096	4,47
Parte a parte	0,0011518	0,0069108	99,71
Variación total	0,0011552	0,0069310	100,00

Número de categorías distintas = 18

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **CORROSIÓN, CAMBIO DE PESO EN LAMINA DE HIERRO DE FUNDICIÓN**

Valor de %R&R: **7,62**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **18**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Se puede observar una buena variación ya que ninguna parte tiene la misma media, en algunas partes como lo son la 5,7 y la 9 observamos puntos que se encuentra fuera del promedio.
- Por operador: La distribución de los datos es muy similar en los 3 analistas, esta se encuentra en los primeros 2 cuartiles. No se observaron datos extraños en los resultados.
- Parte y operador: En las primeras 6 partes podemos observar un comportamiento similar entre los operadores, pero a partir de la parte 7 se logra visualizar una pequeña variación entre los 3 analistas.
- Gráfica de control de promedios: El patrón de los resultados de los 3 analistas es igual, los puntos en su totalidad se encuentran fuera de los límites de control que es lo esperado por tener tanta variabilidad entre partes.
- Gráfica de control de rangos: En esta grafica observamos que el analista 1 tiene varios puntos fuera de los límites de control, pero estos puntos son consistentes 5 veces consecutivas lo que indica que tal vez se insidio en una falla durante esas partes.
- Componentes de variación: La totalidad de la variación en este sistema se le atribuye a la variación parte a parte, también teniendo un mayor porcentaje de variación en la reproducibilidad que en la repetibilidad.

### 3.2.15 Corrosión en placa de latón

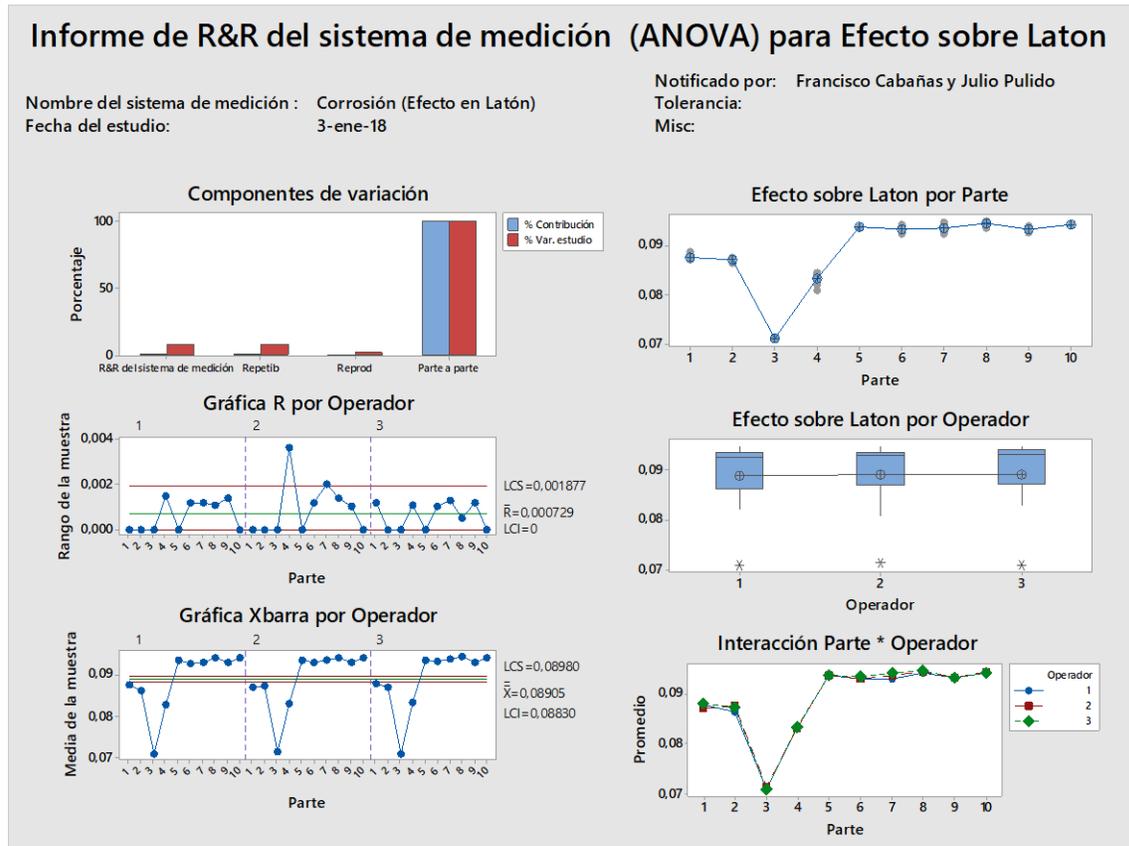


Figura 3.15 Resultados corrosión en placa de latón

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Efecto sobre Latón

Nombre del sistema de medición : Corrosión (Efecto en Latón)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0005819	0,0034917	7,89
Repetibilidad	0,0005630	0,0033779	7,64
Reproducibilidad	0,0001474	0,0008842	2,00
Operador	0,0001474	0,0008842	2,00
Parte a parte	0,0073501	0,0441008	99,69
Variación total	0,0073731	0,0442389	100,00

Número de categorías distintas = 17

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **CORROSIÓN, CAMBIO DE PESO EN LAMINA DE LATÓN**

Valor de %R&R: **7,89**

Dictamen: **ACEPTABLE**

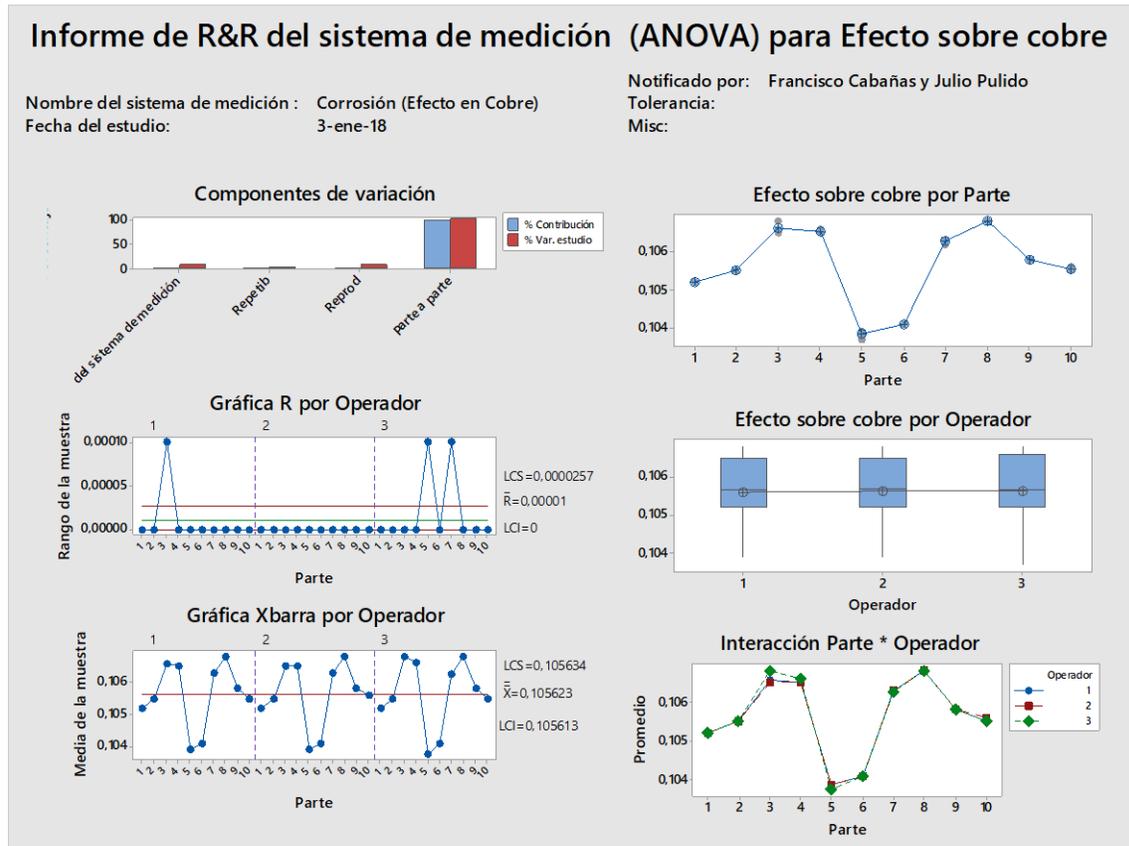
Valor de NDC: **17**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: En este grafico encontramos que entre las partes existe muy poca variación, en la parte 4 observamos que hay valores fuera del promedio.
- Por operador: Se logra visualizar que la distribución de datos es muy similar en los 3 operadores, con la mayoría de estos datos por arriba de la media lo que nos indica una concentración de datos en el 3er cuartil y se registran datos anómalos para los 3 participantes.
- Parte y operador: Las 3 graficas se encuentran sobrepuestas lo que nos indica una similitud entre los analistas al momento de tomar las mediciones con excepción de la parte 7 en donde el analista 3 tiene un ligero desfase.
- Gráfica de control de promedios: Los operadores 1 y 2 tienen un patrón similar en sus promedios, la diferencia de estos con el operador 3 radica en la parte 4 que ligeramente está más elevada en el 3er operador, los puntos en su totalidad se encuentran fuera de los límites de control.
- Gráfica de control de rangos: El comportamiento de los promedios de las partes por lo 3 operadores es casi idéntico, teniendo todos los puntos fuera de los límites de control.
- Componentes de variación: La totalidad de la variación en este sistema se le atribuye a la variación parte a parte, también teniendo un mayor porcentaje de variación en la repetibilidad que en la reproducibilidad.

### 3.2.16 Corrosión en placa de cobre



### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Efecto sobre cobre

Nombre del sistema de medición : Corrosión (Efecto en Cobre)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0000658	0,0003950	6,46
Repetibilidad	0,0000183	0,0001095	1,79
Reproducibilidad	0,0000632	0,0003795	6,20
Operador	0,0000000	0,0000000	0,00
Operador*Parte	0,0000632	0,0003795	6,20
Parte a parte	0,0010176	0,0061059	99,79
Variación total	0,0010198	0,0061186	100,00

Número de categorías distintas = 21

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **CORROSIÓN, CAMBIO DE PESO EN LAMINA DE COBRE**

Valor de %R&R: **6,46**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **21**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Observamos que entre partes existe una gran variación, teniendo en la parte 3 mediciones que están fuera del promedio.
- Por operador: La distribución de los datos entre los 3 analistas es idéntica, no se observan valores extraños en las mediciones y la mayor dispersión de datos se encuentra en el segundo y tercer cuartil.
- Parte y operador: Se puede observar que en la parte 3 el operador 3 se desfasa del comportamiento de las otras 2 graficas, en general la medición de los 3 operadores es muy similar entre sí.
- Gráfica de control de promedios: El patrón de los promedios de las partes es muy similar para los 3 analistas, teniendo fuera todos los puntos de los límites de control.
- Gráfica de control de rangos: Los operadores 1 y 3 tienen 1 y 2 puntos respectivamente fuera de los límites de control, lo que indica que al analista 3 le falta consistencia al momento de realizar sus mediciones.
- Componentes de variación: La totalidad de la variación en este sistema se le atribuye a la variación parte a parte, también teniendo un mayor porcentaje de variación en la reproducibilidad que en la repetibilidad.

### 3.2.17 Corrosión pH al término de la prueba

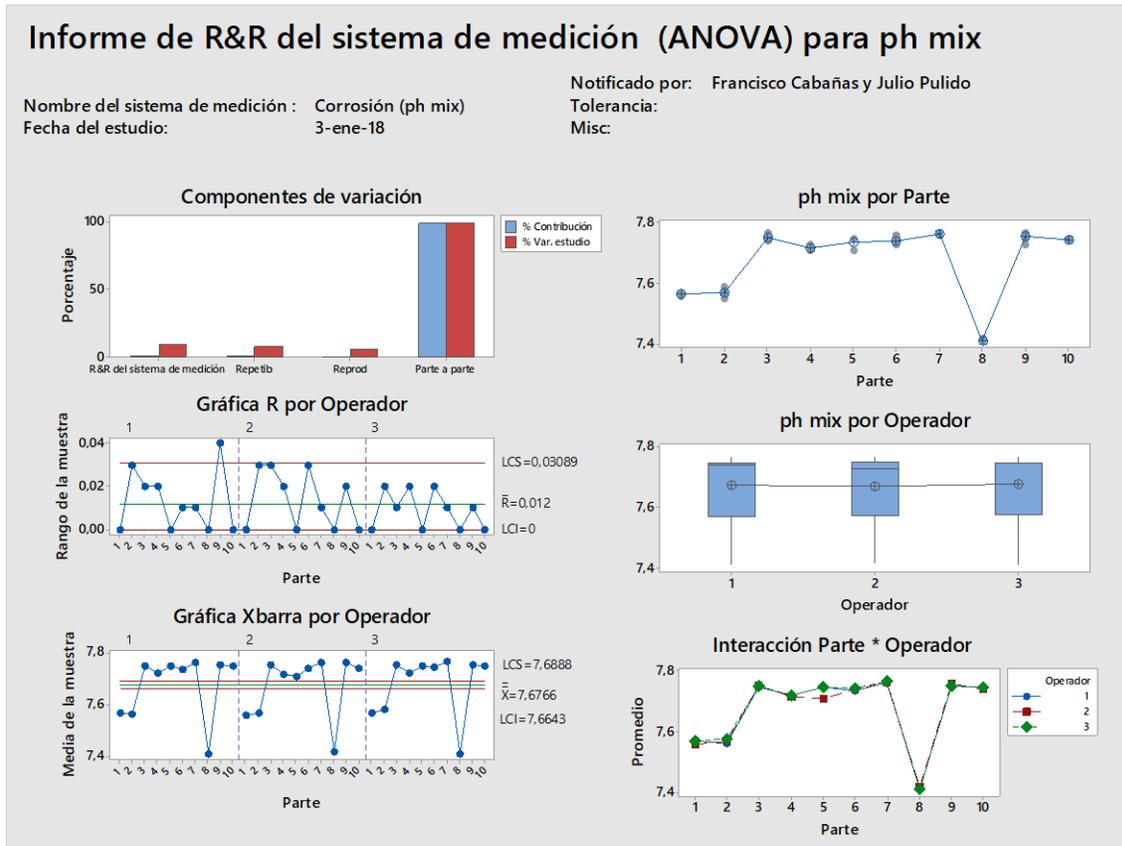


Figura 3.17 Resultados corrosión pH al término de la prueba

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para ph mix

Nombre del sistema de medición : Corrosión (pH mix)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,011353	0,068118	9,54
Repetibilidad	0,009068	0,054406	7,62
Reproducibilidad	0,006831	0,040988	5,74
Operador	0,001709	0,010256	1,44
Operador*Parte	0,006614	0,039684	5,56
Parte a parte	0,118464	0,710785	99,54
Variación total	0,119007	0,714041	100,00

Número de categorías distintas = 14

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **CORROSIÓN, VALOR DEL pH DE LA MEZCLA**

Valor de %R&R: **9,54**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **14**

Dictamen: **ACEPTABLE**

### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: En el gráfico observamos poca variación entre las partes a excepción de la parte 8, mientras que en las partes 2, 5 y 9 se visualiza valores fuera del promedio de las partes.
- Por operador: La distribución de los valores en los 3 analistas es ligeramente diferente, estando la mayor concentración de resultados en el 3er cuartil y por arriba de la media. El bigote de abajo nos indica un rango amplio de diferencia entre el primer cuartil y el valor mínimo. No se observan valores anómalos.
- Parte y operador: El comportamiento de las gráficas de los 3 operadores es idéntico ya que se sobreponen los resultados, a excepción de la parte 5 en donde el operador 2 hizo una lectura diferente, lo que nos indica una buena reproducibilidad.
- Gráfica de control de promedios: El patrón de los resultados en la gráfica de promedios es muy similar en los 3 operadores, teniendo fuera todos los puntos fuera de los límites de control.
- Gráfica de control de rangos: En esta gráfica el operador 1 tiene un punto fuera de los límites de control, mientras que los otros 2 operadores tienen variación entre los rangos de sus lecturas, lo que nos muestra poca consistencia en las mediciones.
- Componentes de variación: La totalidad de la variación en este sistema se le atribuye a la variación parte a parte, también teniendo un mayor porcentaje de variación en la repetibilidad que en la reproducibilidad.

### 3.2.18 Corrosión dureza de la goma al final de la prueba

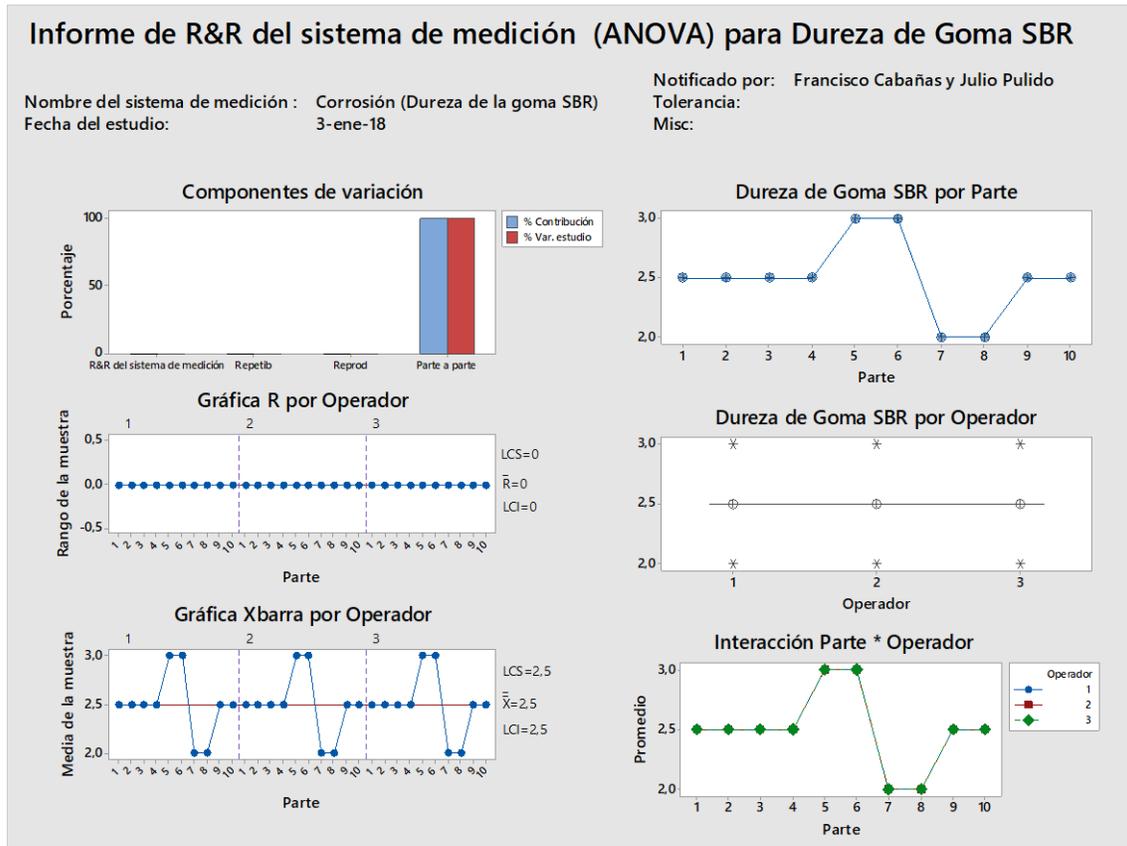


Figura 3.18 Resultados corrosión dureza de la goma al final de la prueba

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Dureza de Goma SBR

Nombre del sistema de medición : Corrosión (Dureza de Goma SBR)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,000000	0	0,00
Repetibilidad	0,000000	0	0,00
Reproducibilidad	0,000000	0	0,00
Operador	0,000000	0	0,00
Operador*Parte	0,000000	0	0,00
Parte a parte	0,333333	2	100,00
Variación total	0,333333	2	100,00

Número de categorías distintas = \*

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **CORROSIÓN, DUREZA DEL HULE SBR**

Valor de %R&R: **0**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **\***

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Los 3 operadores tienen sus datos en el mismo valor promedio para cada determinación.
- Por operador: Indica que los 3 operadores determinaron solo 2 valores diferentes de los 10 lotes, por lo tanto, no se mostró ninguna dispersión de valores y es muy notorio que este sistema no tiene variación, sin embargo, se logra apreciar algunos valores fuera de lo común en ambos extremos de la gráfica.
- Parte y operador: No existe variación entre operadores.
- Gráfica de control de promedios: Se muestra por operador el mismo comportamiento en las determinaciones para cada parte.
- Gráfica de control de rangos: Los 3 operadores muestran la misma consistencia en las determinaciones.
- Componentes de variación: La totalidad de la variación en este sistema se le atribuye a la variación parte a parte, también teniendo un mayor porcentaje de variación en la repetibilidad que en la reproducibilidad.

### 3.2.19 Corrosión aumento del diámetro de la goma

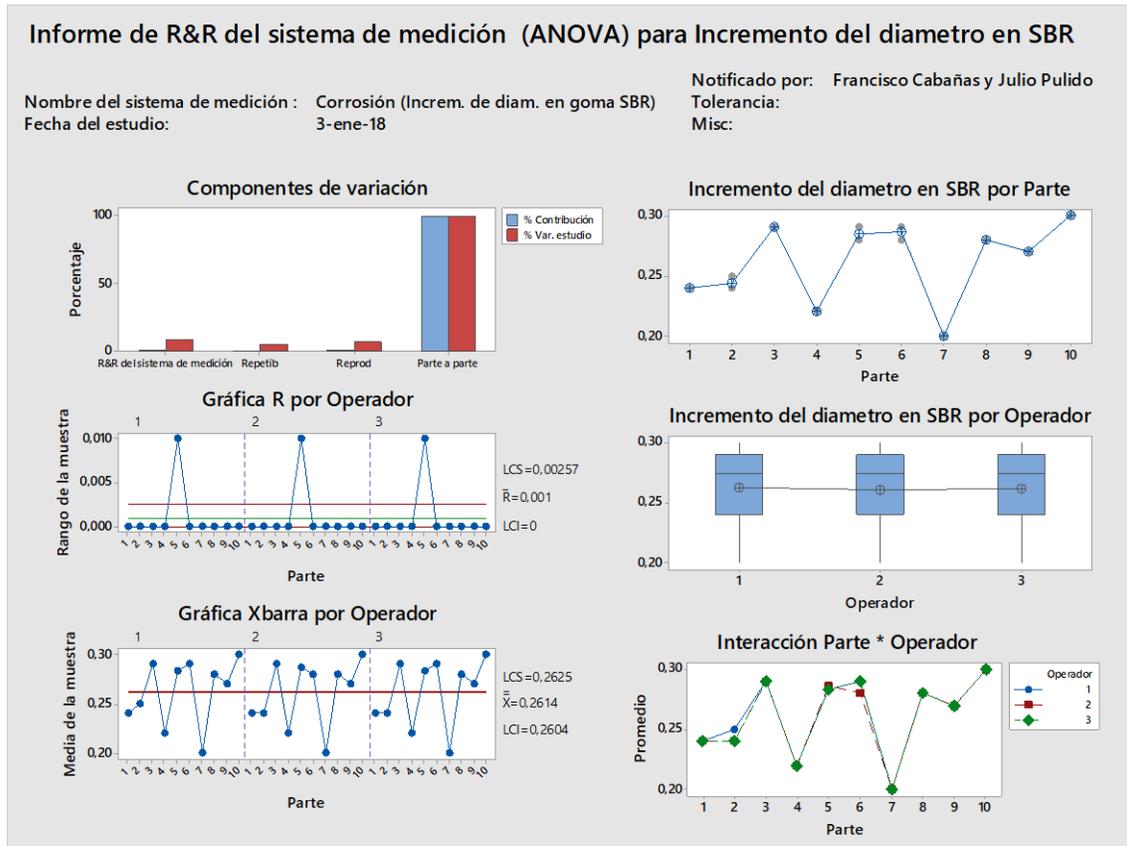


Figura 3.19 Resultados corrosión aumento del diámetro de la goma

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Incremento del diámetro en SBR

Nombre del sistema de medición : Corrosión (Incremento de diámetro en goma SBR)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0030429	0,018257	9,03
Repetibilidad	0,0018257	0,010954	5,42
Reproducibilidad	0,0024343	0,014606	7,22
Operador	0,0000000	0,000000	0,00
Operador*Parte	0,0024343	0,014606	7,22
Parte a parte	0,0335732	0,201439	99,59
Variación total	0,0337108	0,202265	100,00

Número de categorías distintas = 15

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **CORROSIÓN, INCREMENTO EN EL DIAMETRO DEL HULE SBR**

Valor de %R&R: **9,03**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **15**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Visualizamos que las partes para este estudio hay una buena variación, en las partes 2, 5 y 6 existen valores fuera de la media.
- Por operador: La distribución de los datos es idéntica en los 3 analistas, estando algunos de los datos de los 3 operadores por arriba de la media y su mayor concentración de datos se encuentra en el 3er cuartil. No se observan valores extraños
- Parte y operador: Observamos que la variación entre los analistas es muy poca, esta variación se logra observar en las partes 2 y 6 ya que las gráficas se desfazan ligeramente.
- Gráfica de control de promedios: En esta grafica observamos que los patrones de los promedios de cada parte son muy similares entre los 3 operadores, teniendo fuera todos los puntos de los límites de control debido a la variación de las mismas partes.
- Gráfica de control de rangos: El comportamiento en las gráficas de los 3 operadores es igual, teniendo los 3 un punto fuera de los límites de control, esto se da en la parte 5, esto puede deber a la naturaleza de la misma muestra ya que la consistencia de los analistas no varía
- Componentes de variación: La totalidad de la variación en este sistema se le atribuye a la variación parte a parte, también teniendo un mayor porcentaje de variación en la reproducibilidad que en la repetibilidad.

### 3.2.20 Oxidación en placa de aluminio

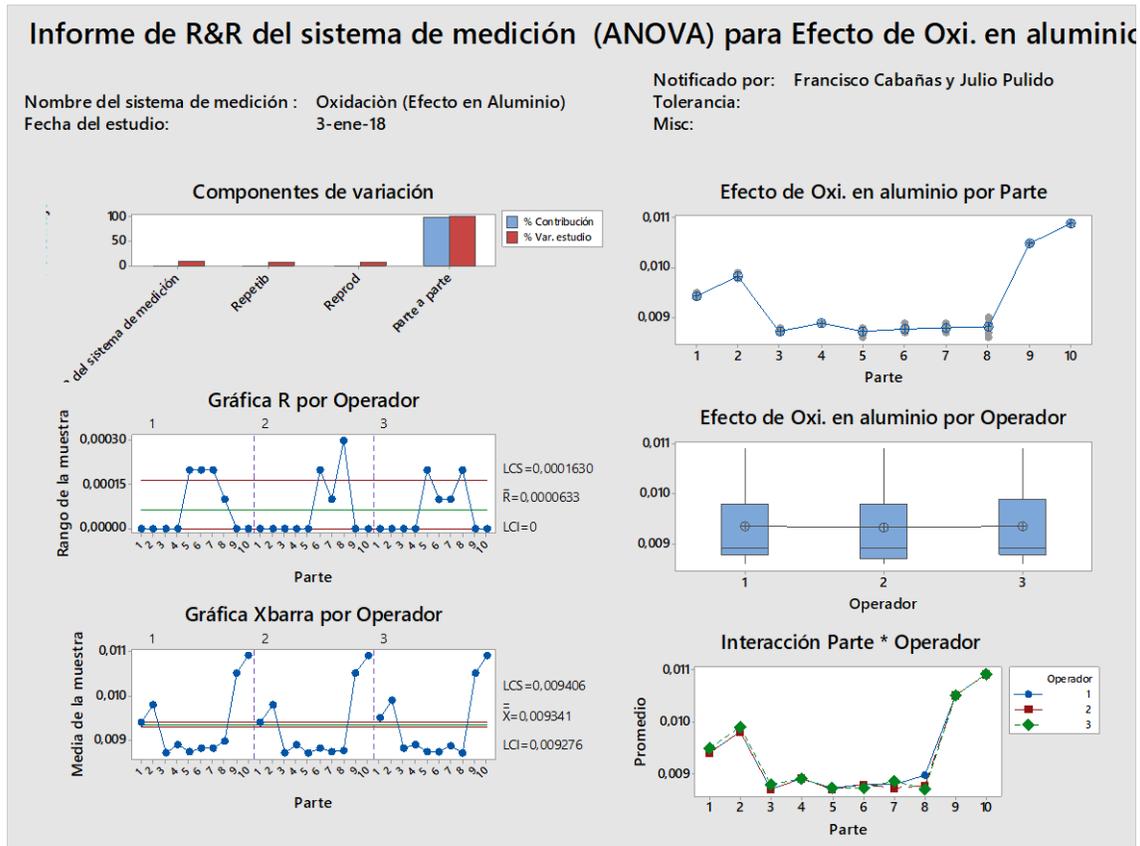


Figura 3.20 Resultados de oxidación en placa de aluminio

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Efecto de Oxi. en aluminio

Nombre del sistema de medición : Oxidación (Efecto en Aluminio)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0000766	0,0004598	9,46
Repetibilidad	0,0000587	0,0003521	7,25
Reproducibilidad	0,0000493	0,0002956	6,08
Operador	0,0000000	0,0000000	0,00
Operador*Parte	0,0000493	0,0002956	6,08
Parte a parte	0,0008063	0,0048379	99,55
Variación total	0,0008099	0,0048597	100,00

Número de categorías distintas = 14

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **OXIDACIÓN, CAMBIO DE PESO EN LAMINA DE ALUMINIO**

Valor de %R&R: **9,46**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **14**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: La variación de las partes en este sistema no es demasiada, teniendo en la parte 8 lecturas que se encuentran fuera del promedio de la parte.
- Por operador: La distribución de los datos es similar en los 3 operadores, la mayoría de sus datos se encuentran por debajo de la media y en ningún operador se observan valores atípicos.
- Parte y operador: La variación entre los analistas es muy poca, esta se puede visualizar en las partes 1, 2, 7 y 8 esta variación pertenece al operador 3.
- Gráfica de control de promedios: En esta grafica observamos que el comportamiento de los promedios en los 3 operadores es igual, los puntos se encuentran fuera de los límites de control debido a la variabilidad de las partes.
- Gráfica de control de rangos: Observamos que por parte de los 3 analistas existen puntos fuera de los límites de control, teniendo diferentes consistencias al momento de realizar sus mediciones.
- Componentes de variación: La totalidad de la variación en este sistema se le atribuye a la variación parte a parte, también teniendo un mayor porcentaje de variación en la repetibilidad que en la reproducibilidad.

### 3.2.21 Oxidación en placa de hierro de fundición

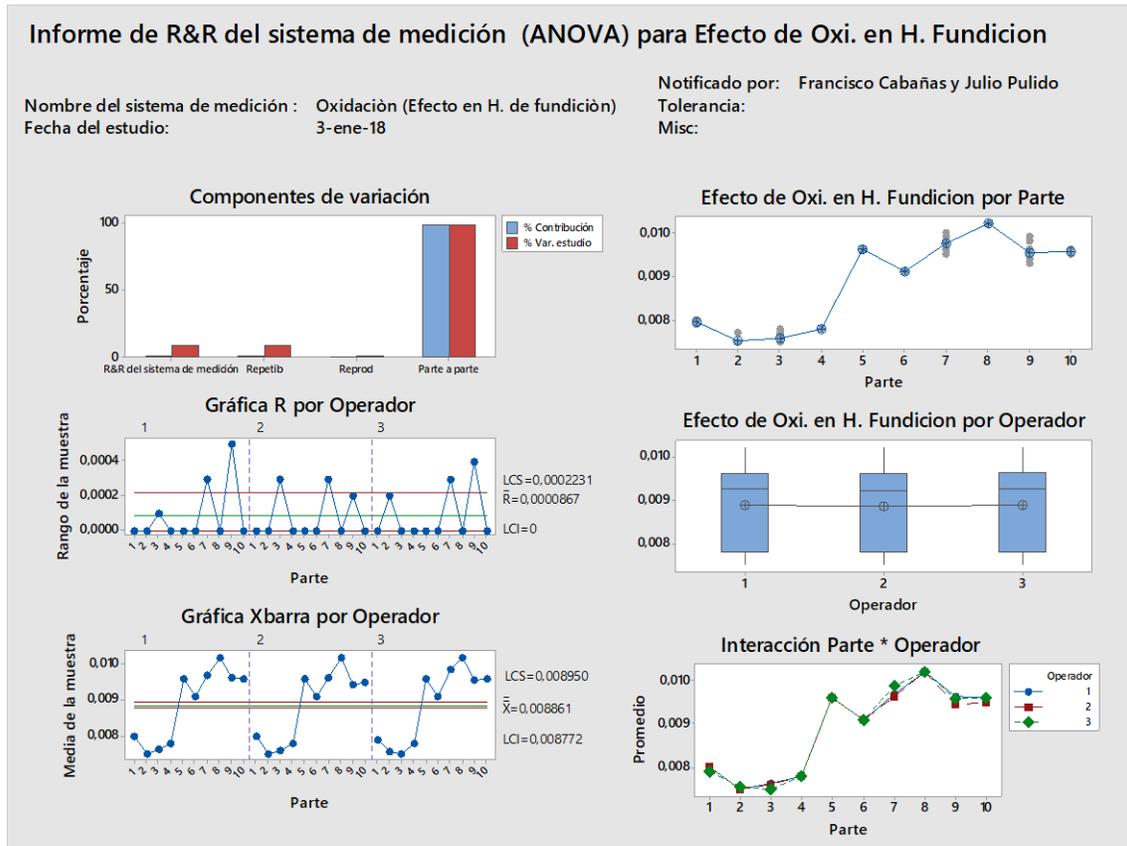


Figura 3.21 Resultados de oxidación en placa de hierro de fundición

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Efecto de Oxi. en H. Fundición

Nombre del sistema de medición : Oxidación (Efecto en H. de Fundición)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0000946	0,0005679	9,18
Repetibilidad	0,0000938	0,0005626	9,10
Reproducibilidad	0,0000129	0,0000773	1,25
Operador	0,0000129	0,0000773	1,25
Parte a parte	0,0010262	0,0061573	99,58
Variación total	0,0010306	0,0061834	100,00

Número de categorías distintas = 15

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **OXIDACIÓN, CAMBIO DE PESO EN LAMINA DE ACERO INOX.**

Valor de %R&R: **9,18**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **15**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: En el grafico logramos observar una buena variación con una tendencia ascendente, teniendo en las partes 2, 3, 7 y 9 puntos fuera del promedio.
- Por operador: La distribución de los datos entre los 3 analistas es muy parecida, la mayoría de los datos se encuentran por arriba de la media y no se observan valores atípicos.
- Parte y operador: Los analistas tienen poca variabilidad entre sí mismos, ya que las gráficas se superponen salvo en algunas partes como lo son las partes 7, 9 y 10 en las que se ve un ligero desfase.
- Gráfica de control de promedios: En el gráfico de promedios el comportamiento en los 3 analistas es idéntico, los puntos se encuentran fuera de los gráficos de control debido a la misma variación entre las partes.
- Gráfica de control de rangos: Los 3 analistas, tienen puntos fuera de los límites de control, pero muestran una consistencia similar entre partes.
- Componentes de variación: La totalidad de la variación en este sistema se le atribuye a la variación parte a parte, también teniendo un mayor porcentaje de variación en la repetibilidad que en la reproducibilidad.

### 3.2.22 Dureza de gomas SBR a 70° C

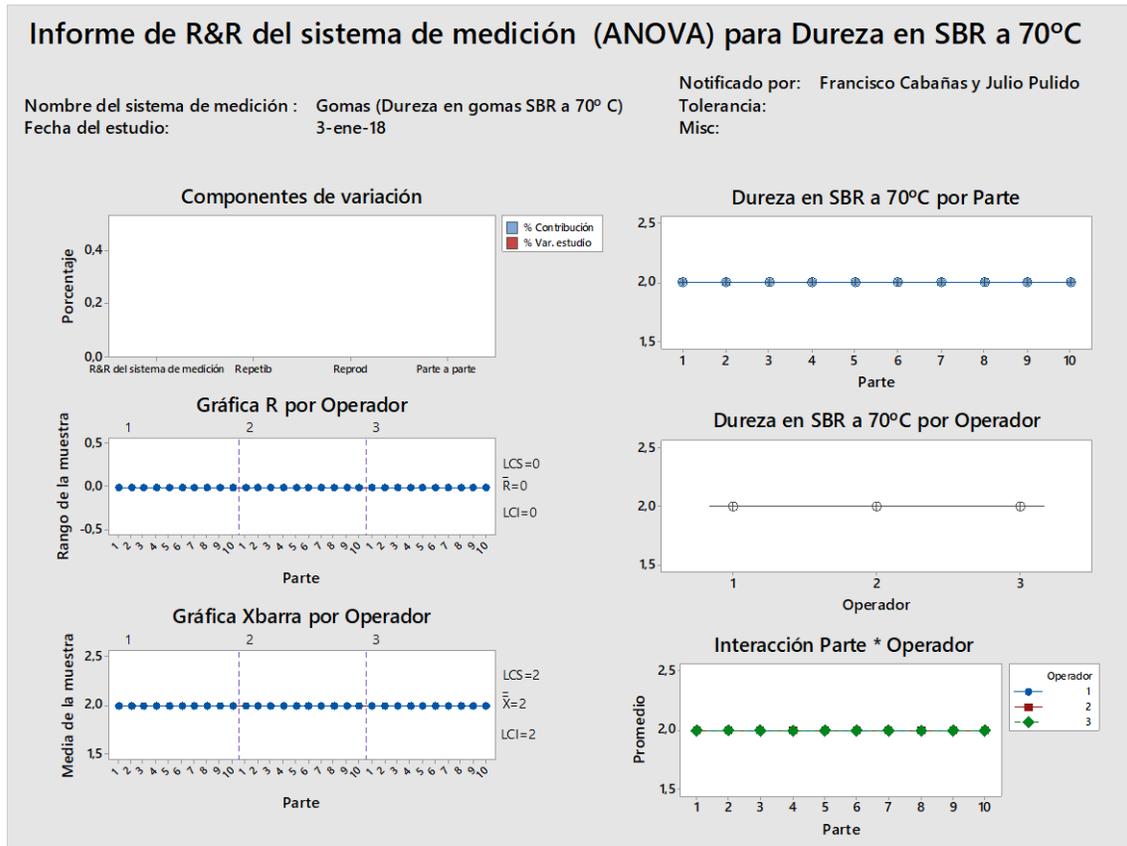


Figura 3.22 Resultados de dureza de gomas SBR a 70° C

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Dureza en SBR a 70°C

Nombre del sistema de medición : Gomas (Dureza en gomas SBR)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0	0	*
Repetibilidad	0	0	*
Reproducibilidad	0	0	*
Operador	0	0	*
Operador*Parte	0	0	*
Parte a parte	0	0	*
Variación total	0	0	*

Número de categorías distintas = \*

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **EFECTO SOBRE HULE SBR, DUREZA DEL HULE A 70 °C**

Valor de %R&R: **0**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **\***

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Los 3 operadores tienen sus datos en el mismo valor promedio para cada determinación.
- Por operador: La distribución de los datos es la misma para los 3 analistas, una línea recta entre los operadores indica que las medias de las mediciones de cada operador son iguales.
- Parte y operador: No existe variación entre operadores.
- Gráfica de control de promedios: Se muestra por operador el mismo comportamiento en las determinaciones para cada parte.
- Gráfica de control de rangos: Los 3 operadores muestran la misma consistencia en las determinaciones.
- Componentes de variación: No existe variación en el sistema.

### 3.2.23 Incremento de diámetro en gomas SBR a 70° C

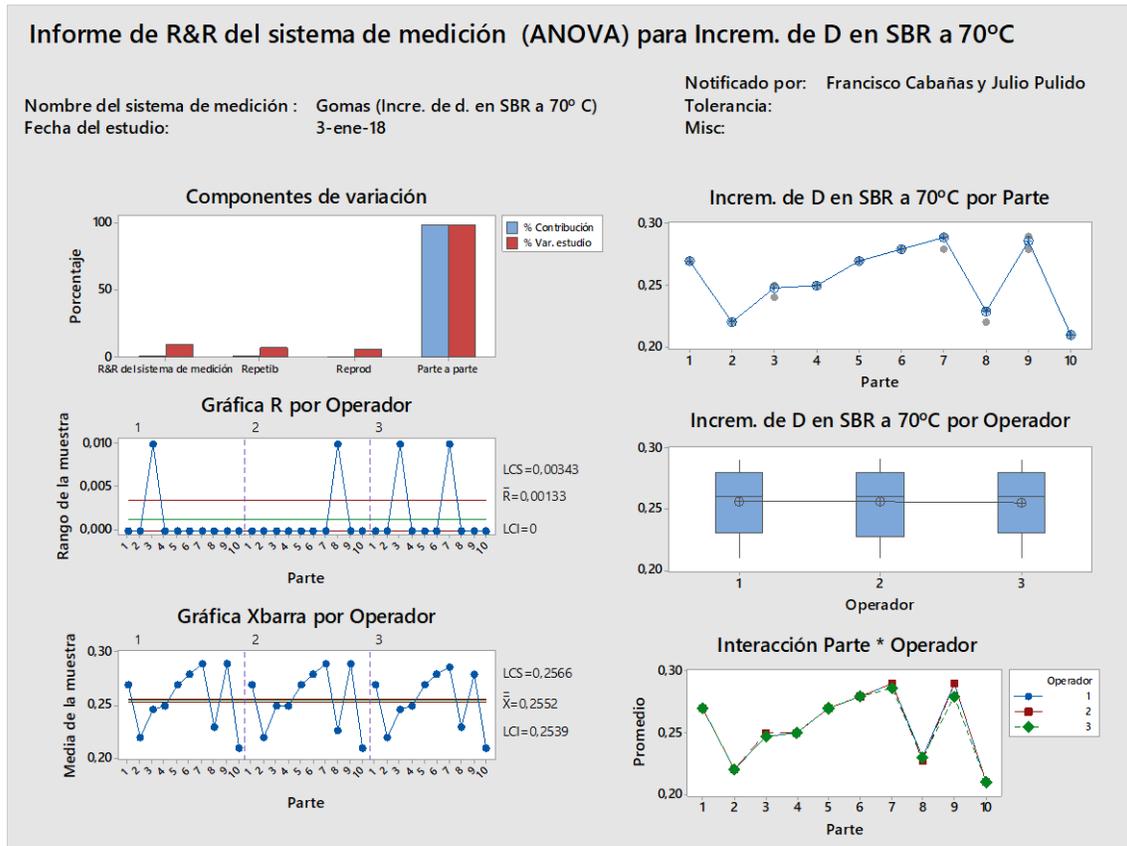


Figura 3.23 Resultados de incremento de diámetro en gomas SBR a 70° C

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Increm. de D en SBR a 70°C

Nombre del sistema de medición : Gomas (Incre. de diametro en gomas SBR)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0027217	0,016330	9,56
Repetibilidad	0,0021082	0,012649	7,41
Reproducibilidad	0,0017213	0,010328	6,05
Operador	0,0004057	0,002434	1,43
Operador*Parte	0,0016728	0,010037	5,88
Parte a parte	0,0283272	0,169963	99,54
Variación total	0,0284576	0,170746	100,00

Número de categorías distintas = 14

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **EFFECTO SOBRE HULE SBR, INCREMENTO DEL DIAMETRO DEL HULE A 70 °C**

Valor de %R&R: **9,56**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **14**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Existe una buena variación para el estudio del sistema de medición, en las partes 3, 7 y 8 hay algunos valores que se encuentran fuera del promedio de dichas partes.
- Por operador: La distribución de los datos de los 3 analistas es igual teniendo esta dispersión en los 2 primeros cuartiles, teniendo algunos valores arriba de la media. No se observan valores atípicos en la gráfica.
- Parte y operador: La variación de los analistas es mínima, esta se logra visualizar en la parte 9 y la variación pertenece al analista 2
- Gráfica de control de promedios: El comportamiento en los resultados en la gráfica de promedios es idéntico, como era de esperarse, los puntos en su totalidad se encuentran fuera de los límites de control.
- Gráfica de control de rangos: La consistencia entre los analistas es diferente entre ellos, todos tienen puntos fuera de los límites de control.
- Componentes de variación: El porcentaje de variación con más peso se encuentra en las partes, resulto tener más repetibilidad que reproducibilidad en el estudio.

### 3.2.24 Dureza en gomas SBR a 120 °C

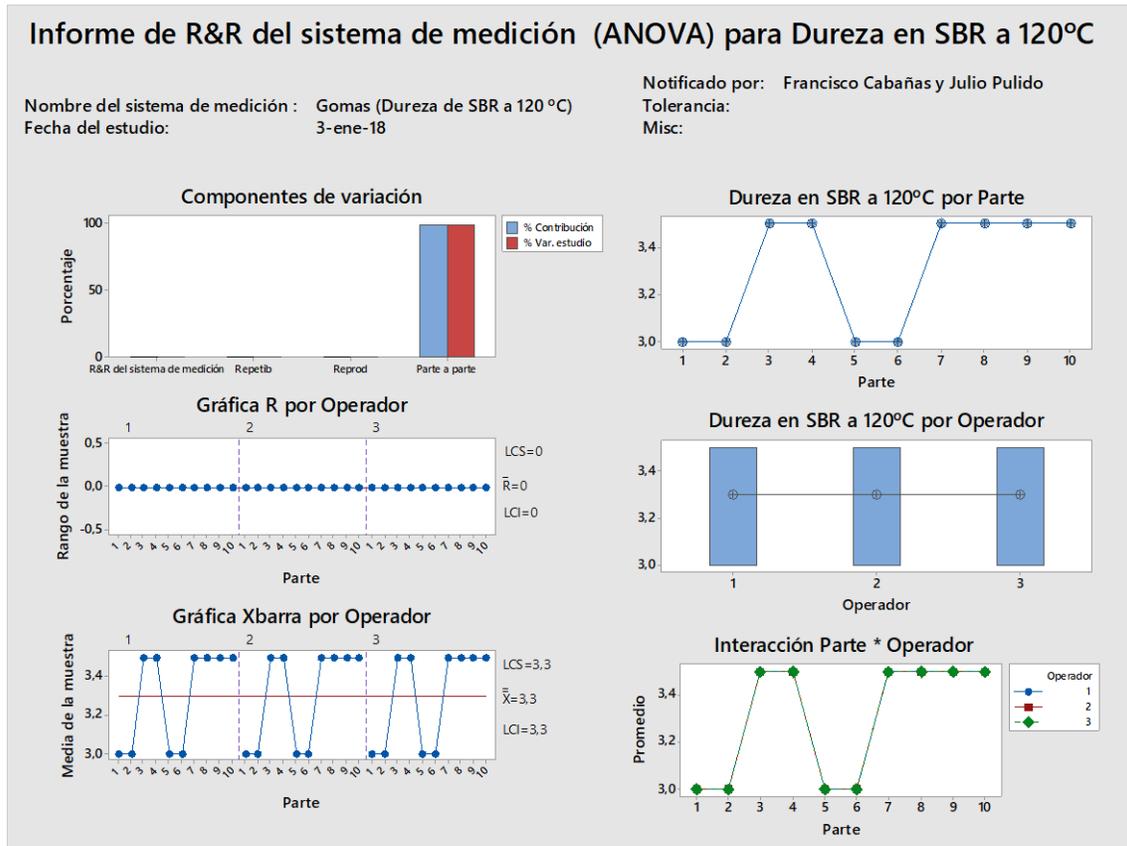


Figura 3.24 Resultados de dureza en gomas SBR a 120 °C

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Dureza en SBR a 120°C

Nombre del sistema de medición : Gomas (Dureza en gomas SBR)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,000000	0,000000	0,00
Repetibilidad	0,000000	0,000000	0,00
Reproducibilidad	0,000000	0,000000	0,00
Operador	0,000000	0,000000	0,00
Operador*Parte	0,000000	0,000000	0,00
Parte a parte	0,258199	1,54919	100,00
Variación total	0,258199	1,54919	100,00

Número de categorías distintas = \*

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **EFFECTO SOBRE HULE SBR, DUREZA DEL HULE A 120 °C**

Valor de %R&R: **0**

Dictamen: **ACCEPTABLE**

Valor de NDC: **\***

Dictamen: **ACCEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Los 3 operadores tienen sus datos en el mismo valor promedio para cada determinación.
- Por operador: La distribución de los datos es la misma para los 3 analistas, una línea recta entre los operadores indica que las medias de las mediciones de cada operador son iguales.
- Parte y operador: No existe variación entre operadores.
- Gráfica de control de promedios: Se muestra por operador el mismo comportamiento en las determinaciones para cada parte.
- Gráfica de control de rangos: Los 3 operadores muestran la misma consistencia en las determinaciones.
- Componentes de variación: No existe variación en el sistema.

### 3.2.25 Incremento de diámetro de gomas SBR a 120 °C

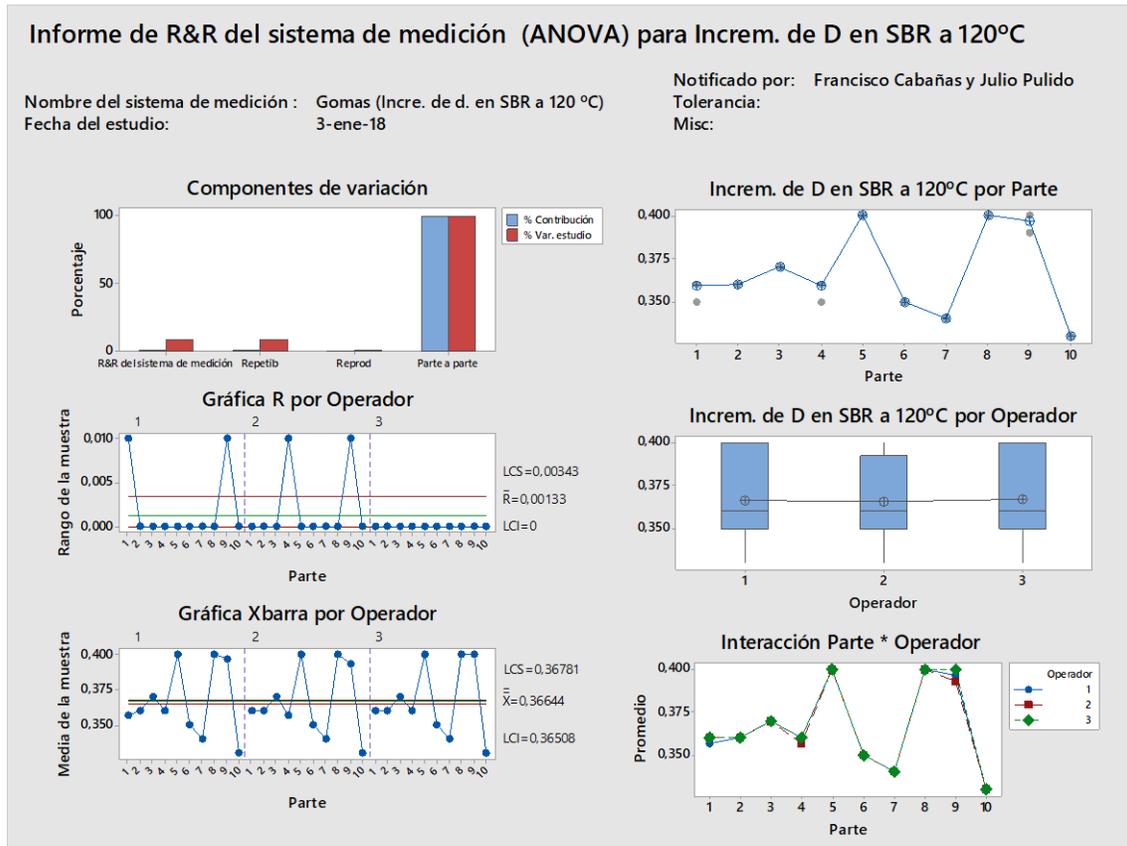


Figura 3.25 Resultados de incremento de diámetro de gomas SBR a 120 °C

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para Increm. de D en SBR a 120°C

Nombre del sistema de medición : Gomas (Increm. de D. en gomas SBR)  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0021791	0,013074	8,68
Repetibilidad	0,0021550	0,012930	8,59
Reproducibilidad Operador	0,0003232	0,001939	1,29
Parte a parte	0,0250044	0,150026	99,62
Variación total	0,0250991	0,150595	100,00

Número de categorías distintas = 16

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **EFFECTO SOBRE HULE SBR, INCREMENTO DEL DIAMETRO DEL HULE A 120 °C**

Valor de %R&R: **8,68**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **16**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: Entre las partes podemos observar que se cuenta con variabilidad, lo sobresaliente es que en las partes 1, 4 y 9 existen valores en un intervalo más grande que las demás.
- Por operador: La distribución de los datos en los analistas 1 y 3 es idéntica, teniendo algunos datos por debajo de la media, el operador dos muestra un intervalo de dispersión de datos menor, con lo que se le puede atribuir mayor consistencia.
- Parte y operador: El desfase de graficas es el mínimo ya que los analistas cuentan con bastante reproducibilidad entre ellos.
- Gráfica de control de promedios: El patrón de resultados en la gráfica de promedios es similar en los 3 analistas, debido a la variación de las partes, los puntos se encuentran fuera de los límites de control.
- Gráfica de control de rangos: Los operadores 1 y 2 tienen 2 puntos fuera de los límites de control en diferentes partes, lo cual nos indica una falta de consistencia en las mediciones, mientras que el analista 3 tiene una excelente consistencia en sus mediciones.
- Componentes de variación: El porcentaje de variación con más peso se encuentra en las partes, resulto tener más repetibilidad que reproducibilidad en el estudio.

### 3.2.26 Porcentaje de humedad

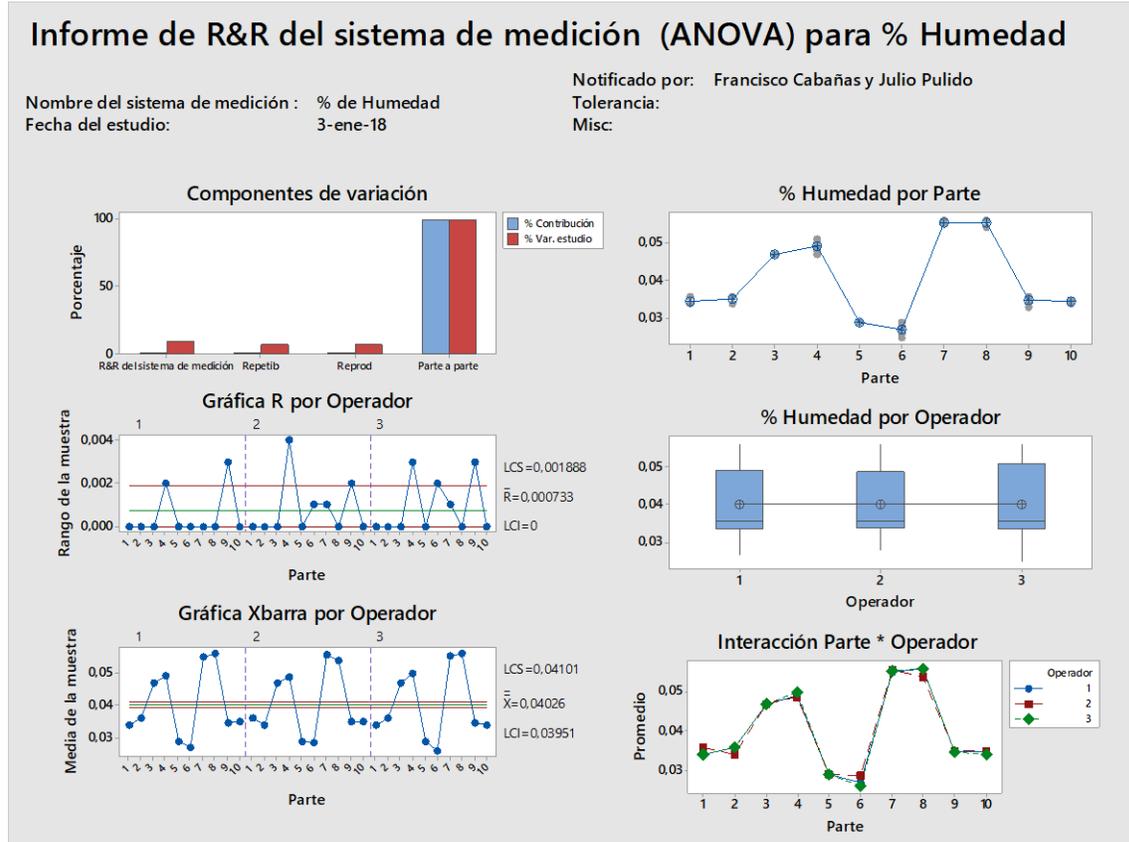


Figura 3.26 Resultados de porcentaje de humedad

### Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

R&R del sistema de medición para % Humedad

Nombre del sistema de medición : % de Humedad  
 Fecha del estudio: 3-ene-18  
 Notificado por: Francisco Cabañas y Julio Pulido

#### R&R del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0010516	0,0063093	9,97
Repetibilidad	0,0007303	0,0043818	6,92
Reproducibilidad	0,0007566	0,0045395	7,17
Operador	0,0000000	0,0000000	0,00
Operador*Parte	0,0007566	0,0045395	7,17
Parte a parte	0,0104964	0,0629787	99,50
Variación total	0,0105490	0,0632939	100,00

Número de categorías distintas = 14

Sistema sujeto al estudio: **LÍQUIDO DE FRENOS**

Nombre y número de parte: **DOT 3**

Nombre del método: **PORCENTAJE DE HUMEDAD**

Valor de %R&R: **8,68**

Dictamen: **ACEPTABLE**

Valor de NDC: **16**

Dictamen: **ACEPTABLE**

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS GRÁFICOS

- Por parte: En esta grafica observamos que las partes cuentan con buena variabilidad entres si, teniendo las partes 2 y 4 algunos valores fuera del promedio.
- Por operador: La distribución de los datos del analista 1 y 3 son similares, teniendo un intervalo un poco más pequeño el analista 2 en sus mediciones. La dispersión de datos se encuentra en el segundo y tercer cuartil y no se observan valores atípicos en la gráfica.
- Parte y operador: Al estar casi sobrepuestas las gráficas podemos decir que los 3 operadores cuentan con estandarización para este método, hay ligeras variaciones entre las partes 1, 2, 6 y 8 lo que penaliza a la reproducibilidad.
- Gráfica de control de promedios: El comportamiento en los resultados en la gráfica de promedios es idéntico, como era de esperarse, los puntos en su totalidad se encuentran fuera de los límites de control.
- Gráfica de control de rangos: La consistencia entre los analistas es diferente entre ellos, todos tienen puntos fuera de los límites de control.
- Componentes de variación: El porcentaje de variación con más peso se encuentra en las partes, resultado tener más reproducibilidad que repetibilidad en el estudio.

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que nuestro sistema de medición es aceptable ya que en todos los métodos de prueba se obtuvo un % de R&R menor al 10%.

Cabe mencionar que algunos de estos resultados estuvieron muy cercanos al límite permitido, esto se debe a la misma metodología no pudiera esta tan estandarizada a pesar de que venga de una norma.

El material de laboratorio para las pruebas realizadas fue el mismo para los 3 analistas, esto último con la finalidad de reducir al máximo la variación existente, incluso se estandarizo la forma en que se realizan los análisis para eliminar esta posible fuente de variación.

La metodología del presente trabajo va dirigida al sector automotriz, específicamente a piezas en las cuales no puede existir mayor error de medición y esta consiste en un solo método, sin embargo, este requerimiento es bastante complicado al trasladarlo a líquido para frenos ya que no se están midiendo dimensiones, se está midiendo más variables en base a diferentes métodos de prueba.

Los puntos de ebullición y las viscosidades pueden variar entre lotes ya que en proceso se necesita realizar un ajuste de glicoles, si tiene poca presencia de glicoles en otra etapa de proceso se adicionan, si esta presenta exceso de glicoles no se adicionan en su totalidad. Otro factor importante en estas variables es la humedad, este producto es higroscópico y absorbe humedad del medio ambiente, por lo cual dejarlo a la intemperie por algún error causaría que el punto de ebullición sea menor. Otra causa por la cual el producto pudiera adquirir humedad es en los reactores, ya que estos se lavan con agua y puede quedar remanente lo que causaría que se contaminara el producto.

Los matraces que se ocupan para la determinación de los puntos de ebullición y estabilidades del líquido son hechos a pedido y no todos son iguales, sobre todo en la cavidad para el termómetro, estas no tienen el mismo ángulo por lo que se deduce que también puede afectar al resultado.

Los resultados en la determinación de estabilidad química y estabilidad a altas temperaturas no presentan variación ya que el comportamiento de este material es el mismo bajo estas condiciones, el líquido de compatibilidad RM-66 que se utiliza en la prueba de estabilidad química en su mayoría decremanta el punto de ebullición de la mezcla, pero el objetivo de la prueba es ver la reversibilidad química, esta característica puede variar entre las partes (lotes) pero si la misma parte es medida por diferentes operadores, el comportamiento es similar.

Por otra parte, la estabilidad a altas temperaturas puede hacer que se disminuya el punto de ebullición, esto por ser sometido a 185 °C por un lapso amplio de tiempo, pero al igual que la estabilidad química el decremento del resultado solo puede variar entre las partes.

Los resultados de Fluidez a  $-40^{\circ}\text{C}$ ,  $-50^{\circ}\text{C}$  y tolerancia al agua a  $-40^{\circ}\text{C}$  son iguales ya que por normatividad las milésimas de segundo no son consideradas, lo que nos permite no tener variación en este sistema de medición. Para estudios posteriores, se propuso que a pesar de que la norma indique que no se tomen las milésimas de segundo considerarlas para ver más a detalle el grado de variación que se tiene en estas pruebas.

Otra de las pruebas que no presenta variación es la determinación de la dureza en hules SBR, ya que el componente que afecta a estos son los glicoéteres butílicos y siempre se presentan en la misma cantidad por lo que la disminución de la dureza siempre es la misma. Por lo que se concluye que el sistema no tiene variación. En cuanto al diámetro, este presenta diferentes incrementos ya que no todas las gomas tienen las mismas dimensiones.

En cuanto a las pruebas de corrosión y oxidación no se ha cambiado el paquete de inhibidores y se manejan en cantidades similares entre lotes, por lo que la pérdida de masa en las diferentes placas de distintos metales no es muy diferente. En el caso de que este paquete de inhibidores de corrosión y oxidación llegue a cambiar, este estudio se deberá repetir ya que no se sabría del comportamiento en los metales del nuevo paquete de inhibidores.

Todo lo realizado en este trabajo fue documentado para posteriores estudios, quedo declarado que se trabajara conforme a la mejora continua ya que la variación existente en los métodos de prueba podía disminuir si se estandariza aún más y contemplar factores como, ambiente, condiciones de trabajo, materiales utilizados etc.

De igual manera se estableció que si por dos años consecutivos se obtenía un resultado menor al 10% en todas las pruebas, la frecuencia de este estudio podía cambiar a 1 vez cada dos años.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- ¿Qué significa que el líquido de frenos sea DOT 3 o DOT 4? (s.f.). Recuperado el 16 de Marzo de 2018, de <https://blog.indubal.com/2011/06/29/%C2%BFque-significa-que-el-liquido-de-frenos-sea-dot-3-o-dot-4/>
- ASTM International. (2015). ASTM E691-99. *Standard Practice for Conducting an Interlaboratory Study to determine the Precision of a Test Method*. West Conshohocken.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (2003). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 307-310.
- Burdick, R. K., & Larsen, G. A. (1997). Confidence Intervals on Measures of Variability in R&R Studies. *Journal of Quality Technology*, Vol. 29, 3.
- Chrysler Group LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation. (Junio de 2010). Measurement Systems Analysis Reference Manual. *Automotive Industry Action Group*, 4 Edición. Michigan.
- Diario Oficial de la Federación. (3 de Mayo de 1996). Norma Oficial Mexicana NOM-113-SCFI-1995, Líquido para frenos hidráulicos empleado en vehículos automotores – Especificaciones de seguridad y métodos de prueba. México.
- Disqus Inc. (s.f.). *Principios Básicos: Líquido para frenos*. Recuperado el 12 de Junio de 2018, de <http://tusfrenos.mx/principios-basicos-liquido-para-frenos/>
- Duncan, A. J. (1986). *Quality Control and Industrial Statistics* (5ª edición ed.). Homewood, Illinois: Richard D. Irwin, Inc.
- Eagle, A. R. (1954). A Method For Handling Errors in Testing and Measuring. *Industrial Quality Control*, 10-14.
- Grubbs, F. E. (1948). On Estimating Precision of Measuring Instruments and Product Variability. *Journal of the American Statistical Association*, 243-264.
- Gruska, G. F. (1987). *Measurement Systems Analysis*. Detroit, Michigan: TMI Conference Workshop.
- Heaphy, M. S. (1981). Measurement Systems Parameters. *Society of Manufacturing Engineering*, 81-154.
- Hicks, C. R. (1999). *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. New York: Oxford University Press.

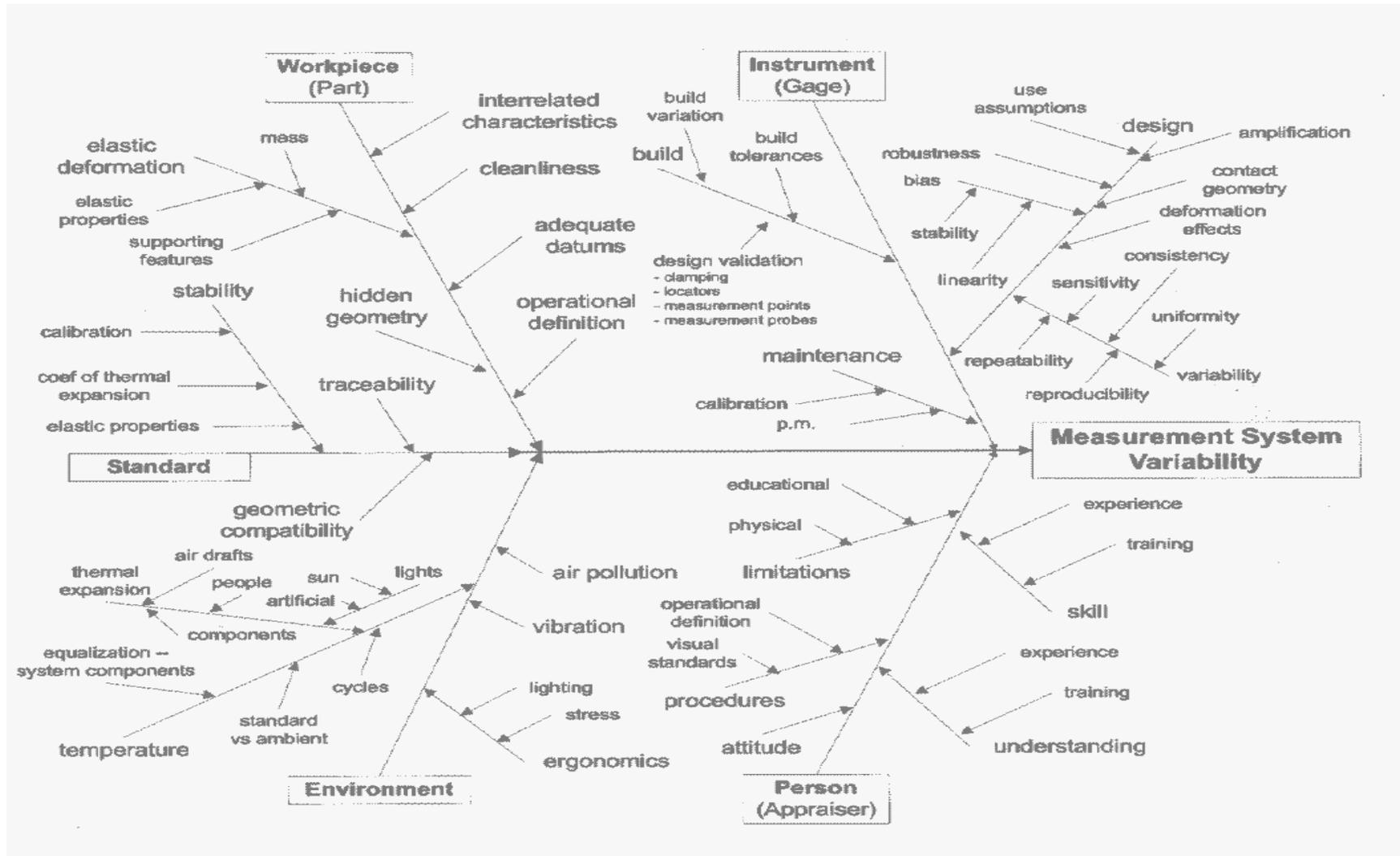
- International Automotive Task Force. (1 de Octubre de 2016). IATF 16949:2016. *Requisitos de sistemade gestión de la calidad para organizaciones productoras de piezas y piezas de recambio en automoción.*
- James, P. D. (1991). Graphical Displays of Gages R&R Data. *AQC Transaction*, 835-839.
- Lipson, C., & Sheth, N. J. (1973). *Statistical Design & Analysis of Engineering Experiment*. New York: McGraw - Hill.
- Mandel, J. (1972). Repeatability and Reproducibility. *Journal of Quality Technology*, 74-85.
- Minitab Inc. (2007). Minitab User's Guide. *Release 15*.
- Multiplexia Digital S.A. de C.V. . (s.f.). *Entidad Mexicana de Acreditación*. Recuperado el 3 de Julio de 2018, de [http://www.ema.org.mx/portal\\_v3/index.php/que-es-ema](http://www.ema.org.mx/portal_v3/index.php/que-es-ema)
- Sistema de Frenos del Automovil*. (s.f.). Recuperado el 14 de Enero de 2018, de <http://www.sabelotodo.org/automovil/frenos.html>
- Tsai, P. (1988). Variable Gauge Repeatability and Reproducibility Study Using the Analysis of Variance Method. *Quality Engineering*.
- US Department of Transportation. (1 de Marzo de 1967). Federal Motor Safety Standard 116, Motor Vehicle Brake Fluids. Washington D.C.
- Vardeman, S. B. (1999). Two-Way Random-Effects Analyses and Gauge R&R Studies. *Technometrics*, Vol. 41, 3.

## ANEXOS

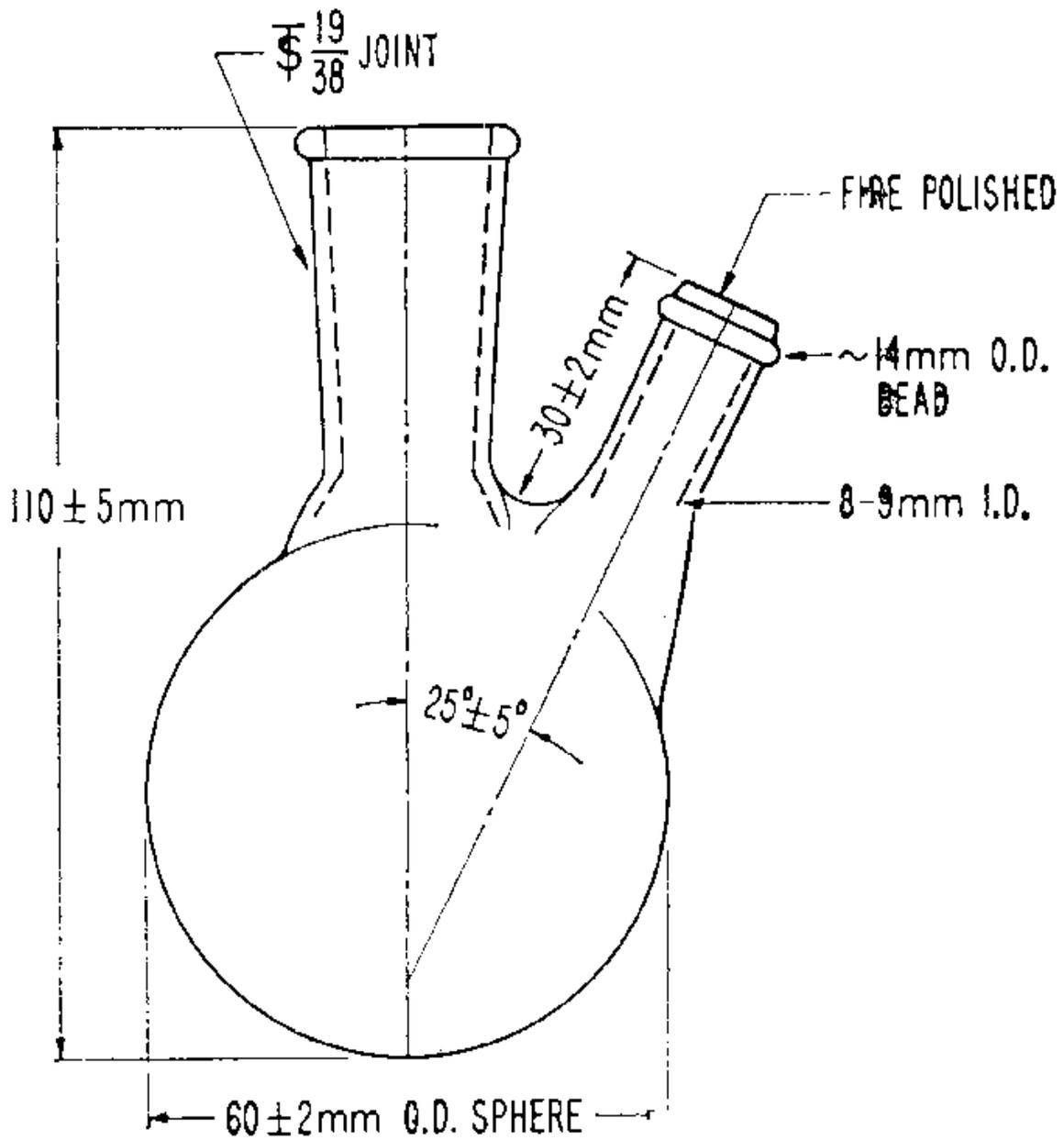
### Anexo No. 1 Check List de Equipos calibrados

Check List de Equipos Calibrados				
Prueba	Equipo	Codigo Interno	Fecha de calibración	Estado
Temperatura de ebullición a reflujo equilibrado	Termómetro de liquido en vidrio	FH-190	9 de mayo de 2016	Calibrado
	Cronómetro	FH-195	23 de marzo de 2016	Calibrado
Temperatura de ebullición en húmedo a reflujo equilibrado	Termómetro de liquido en vidrio	FH-190	9 de mayo de 2016	Calibrado
	Cronómetro	FH-195	23 de marzo de 2016	Calibrado
	Titrande 890	FH-185	22 de agosto de 2016	Calibrado
	Balanza	FH-102	1 de febrero de 2017	Calibrado
	Estufa	FH-188	6 de septiembre de 2016	Calibrado
Viscosidad cinemática -40° C	Viscosímetro Cannon Fenske	FH-153	27 de septiembre de 2016	Calibrado
	Cronómetro	FH-195	23 de marzo de 2016	Calibrado
	Termómetro de liquido en vidrio	FH-110	9 de marzo de 2016	Calibrado
	Baño de Viscosidad	FH-194	NA	NA
Viscosidad cinemática 100° C	Viscosímetro Cannon Fenske	FH-175	27 de septiembre de 2016	Calibrado
	Termómetro de liquido en vidrio	FH-170	9 de marzo de 2018	Calibrado
	Cronómetro	FH-195	23 de marzo de 2016	Calibrado
	Baño de Viscosidad	FH-128	NA	NA
Valor del pH	pH/Ion Meter	FH-186	22 de febrero de 2016	Calibrado
	Termómetro de liquido en vidrio	FH-149	25 de mayo de 2016	Calibrado
Estabilidad a alta temperatura	Termómetro de liquido en vidrio	FH-190	9 de mayo de 2016	Calibrado
	Cronómetro	FH-195	23 de marzo de 2016	Calibrado
Estabilidad química	Termómetro de liquido en vidrio	FH-190	9 de mayo de 2016	Calibrado
	Cronómetro	FH-195	23 de marzo de 2016	Calibrado
Fluidez y apariencia a bajas temperaturas	Cronómetro	FH-195	23 de marzo de 2016	Calibrado
	Cámara de pruebas frias	FH-181	24 de agosto de 2016	Calibrado
Tolerancia al agua	Cronómetro	FH-195	23 de marzo de 2016	Calibrado
	Cámara de pruebas frias	FH-181	24 de agosto de 2016	Calibrado
	Estufa	FH-121	22 de septiembre de 2015	Calibrado
Compatibilidad	Cámara de pruebas frias	FH-181	24 de agosto de 2016	Calibrado
	Estufa	FH-121	22 de septiembre de 2015	Calibrado
Corrosión	Estufa	FH-188	6 de septiembre de 2016	Calibrado
	Balanza	FH-102	1 de febrero de 2017	Calibrado
	Vernier	FH-174	13 de julio de 2016	Calibrado
	Durómetro	FH-187	26 de abril de 2016	Calibrado
	pH/Ion Meter	FH-186	22 de febrero de 2016	Calibrado
Oxidación	Balanza	FH-102	1 de febrero de 2017	Calibrado
	Vernier	FH-174	13 de julio de 2016	Calibrado
	Estufa	FH-121	22 de septiembre de 2015	Calibrado
Efecto sobre hule SBR	Durometro	FH-187	26 de abril de 2016	Calibrado
	Vernier	FH-174	13 de julio de 2016	Calibrado
	Estufa	FH-121	22 de septiembre de 2015	Calibrado
	Estufa	FH-130	6 de septiembre de 2016	Calibrado
Humedad	Titrande	FH-185	22 de agosto de 2016	Calibrado

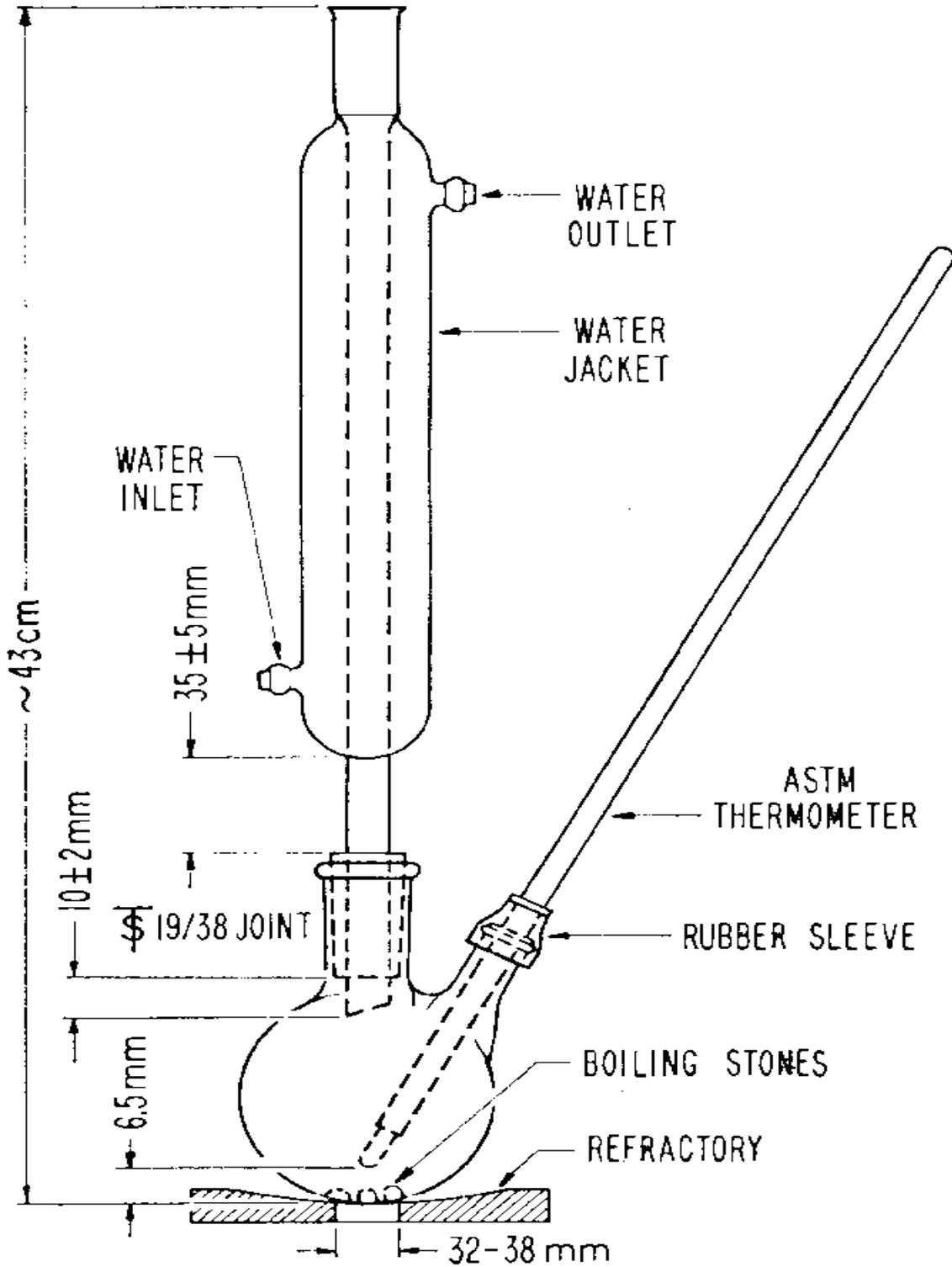
Anexo No. 2 Diagrama de Ishikawa de fuentes de variación potenciales.



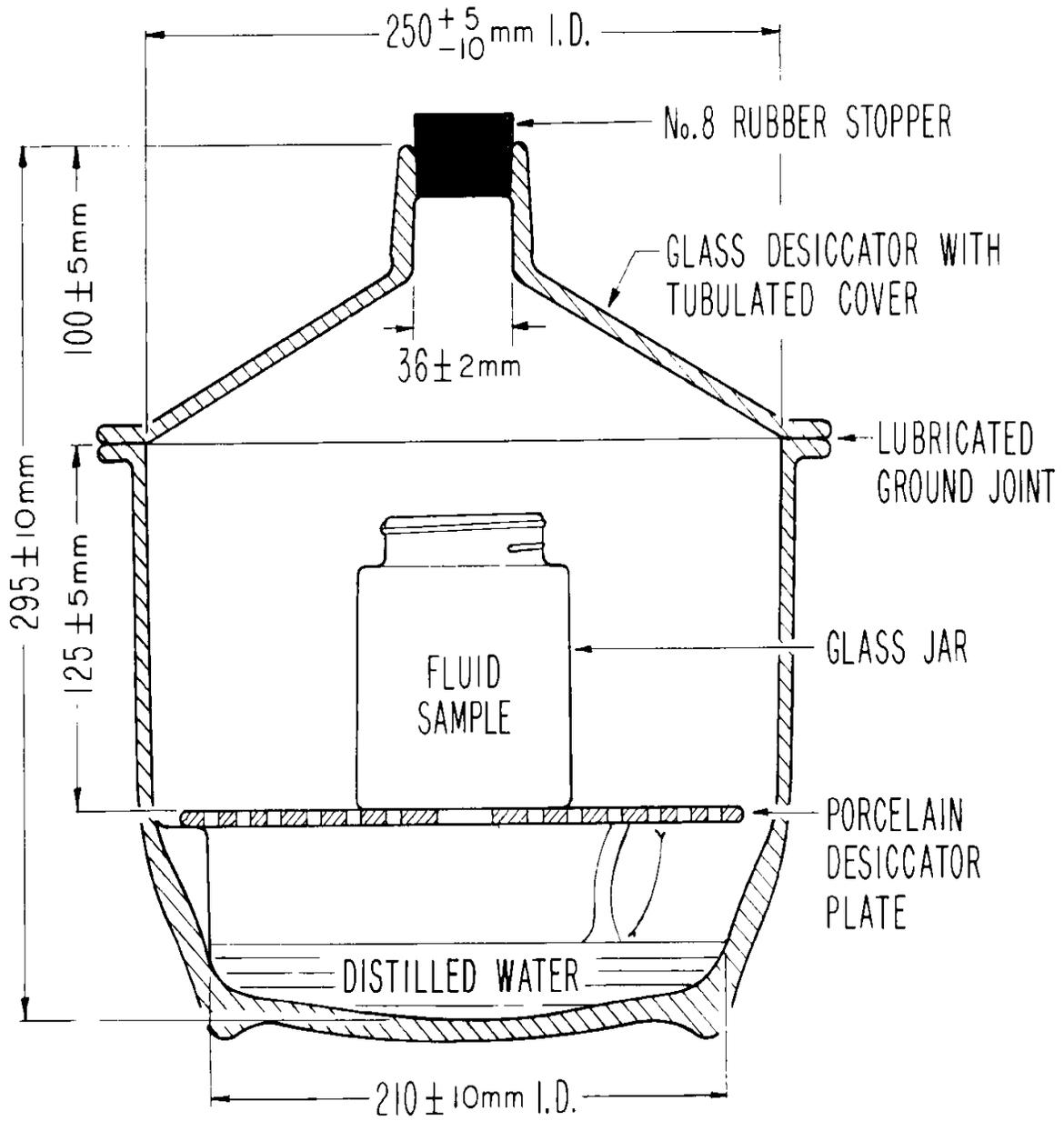
**Anexo No. 3** Matraz para Punto de ebullición en equilibrio y Punto de ebullición en equilibrio húmedo



**Anexo No. 4** Dispositivo para la determinación de Punto de ebullición en equilibrio, Punto de ebullición en equilibrio húmedo, Estabilidad química y Estabilidad a alta temperatura.



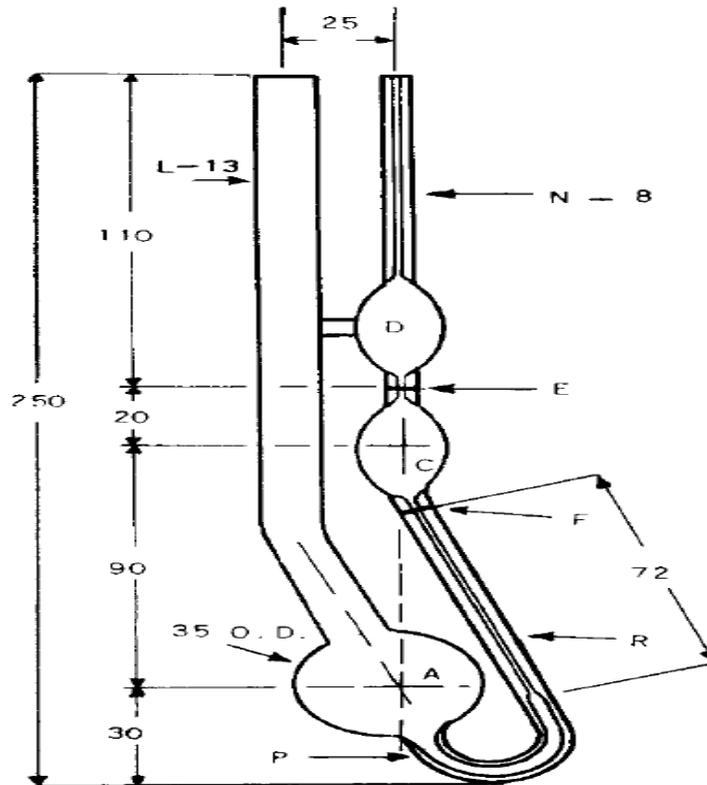
**Anexo No. 5** Aparato humidificador para la determinación de punto de ebullición en húmedo



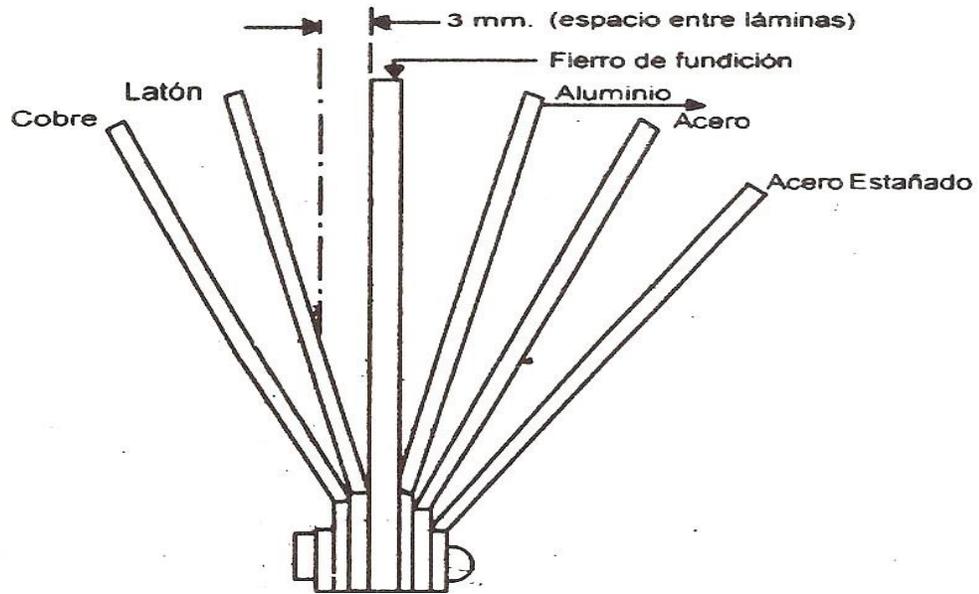
**Anexo No. 6** Tamaños y rangos de viscosímetros Cannon – Fenske

Size No.	Approximate Constant, (mm <sup>2</sup> /s)/s	Kinematic Viscosity Range, mm <sup>2</sup> /s
25	0.002	0.5 <sup>A</sup> to 2
50	0.004	0.8 to 4
75	0.008	1.6 to 8
100	0.015	3 to 15
150	0.035	7 to 35
200	0.1	20 to 100
300	0.25	50 to 250
350	0.5	100 to 500
400	1.2	240 to 1200
450	2.5	500 to 2500
500	8	1600 to 8000
600	20	4000 to 20 000

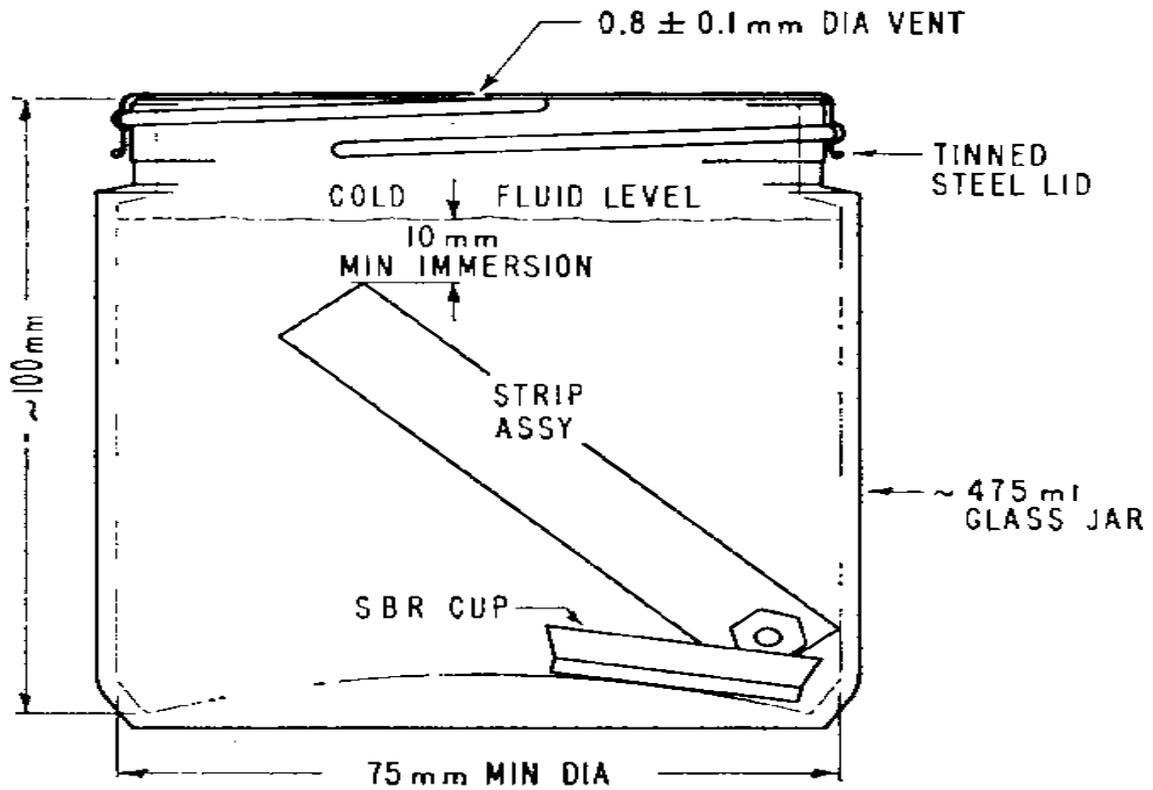
**Anexo No. 7** Diagrama de Viscosímetro Cannon-Fenske



**Anexo No. 8** Ensamble de juego de láminas para prueba de corrosión



**Anexo No. 9** Recipiente para la prueba de corrosión



**Anexo No. 10** Tubo para centrifuga para las pruebas de Compatibilidad y Tolerancia al agua.

