



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO.

ANÁLISIS PARA CALIBRADORES ACTIVOS DENTRO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN IMPLANTADO EN SOLUCIONES QUÍMICAS MESAL MEDIANTE ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD.

TESIS.

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Ingeniero Industrial.

PRESENTA:

C. Juan de Dios Ventura Cortés.

DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL:

M.I. Martín González Sobal.

HUATUSCO, VER., MARZO 2022

AGRADECIMIENTOS.

A Soluciones Químicas MESAL.

Por la confianza que me dieron para emprender este proyecto, por colaborar conmigo en cada etapa del desarrollo del trabajo y por permitirme contribuir en la mejora de los procesos de producción en conjunto con su equipo de trabajo.

A mi asesor interno.

M.I. Martín González Sobal que estuvo al pendiente del avance y conclusión de este proyecto tan importante en mi carrera.

A mi asesor externo.

ING. Jessica Damaris González Rodríguez quien fue mi guía durante la estructuración, elaboración, consecución y culminación del proyecto; por todo el tiempo y experiencia compartidas en la realización del proyecto.

Al personal operativo e inspectoras de calidad.

Que estuvieron involucrados en este proyecto y que pusieron todo su empeño y dedicación para ser el comienzo de algo importante en Soluciones Químicas MESAL.

Al Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.

Por darme la oportunidad de tener una gran experiencia de vida ya que en sus aulas y espacios conocí la gran importancia de la ingeniería en la sociedad.

DEDICATORIAS.

A mi madre.

Porque a usted debo todo lo que soy el día de hoy, por su educación a través del ejemplo, por apoyarme en todos los proyectos que he emprendido y por mostrarme que todo lo que me proponga se puede lograr.

RESUMEN.

Este documento expone de manera cronológica el análisis de un sistema de gestión de la calidad en el sistema de medición implantado en Soluciones Químicas MESAL mediante estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad, con el objetivo de propiciar el desarrollo de competencias metrológicas en el personal de manera tal, que la empresa tenga posibilidades de evidenciar interna y externamente suficiente capacidad y competencia en sus procesos de medición. La estrategia desarrollada descrita en el capítulo III, consta de 3 etapas sin embargo su desarrollo podría sintetizarse en lo siguiente: 1) procedimiento y descripción de las actividades realizadas; 2) realización de análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad para producción maquila y para producción Converter.

Es importante aclarar que no se ha hecho un estudio exhaustivamente cuantitativo del sistema de medición (personal, instrumentos y métodos) ello responde a los objetivos de desarrollar al personal. Sin embargo, sí se hace un análisis a un nivel que corresponde a los objetivos de presente trabajo.

Estudios de Repetibilidad y reproducibilidad al inicio y final del trabajo evidencian una disminución en el aporte de variación por parte de los operadores. Evaluaciones posteriores a capacitaciones evidencian conocimiento y capacidad de detección de los principales problemas con instrumentos de medición (lubricación, sesgo, linealidad, entre otros.).

Dichos estudios fueron desarrollados siguiendo una metodología basada en el MSA (Análisis del Sistema de Medición) con lo que se logró identificar el nivel de aceptación del sistema de medición.

SUMMARY.

This document exposes in a chronological way the analysis of a quality management system in the measurement system implemented in Soluciones Químicas MESAL by means of Repeatability and Reproducibility studies, with the objective of promoting the development of metrological competences in the personnel in such a way that the company has the possibility to demonstrate internally and externally sufficient capacity and competence in its measurement processes. The developed strategy described in chapter III, consists of 3 stages, however its development could be summarized as follows: 1) procedure and description of the activities carried out 2) establishing measurement methods for each of the families of adhesives manufactured in Soluciones Químicas MESAL. 3) Repeatability and Reproducibility analysis for Maquila production and Repeatability and Reproducibility analysis for Converter production.

It is important to clarify that an exhaustive quantitative study of the measurement system (personnel, instruments, methods) has not been carried out in response to the objectives of personnel development. However, an analysis is made at a level that corresponds to the objectives of this work.

Repeatability and reproducibility studies at the beginning and end of the work show a decrease in the contribution of variation by the operators. Evaluations after training evidenced knowledge and ability to detect the main problems with measuring instruments (lubrication, bias, linearity, among others).

These studies were developed following a methodology based on the MSA (Measurement System Analysis) with which it was possible to identify the level of acceptance of the measurement system.

V. Índice general.

Capítulo 1. Generalidades.	1
1.1 Antecedentes generales.	1
1.2 Planteamiento del problema.	3
1.3 Preguntas de investigación.	4
1.4 Justificación.	4
Capítulo 2. Marco Teórico.	5
2.1 Adhesivos en la Industria automotriz.	5
2.2 Análisis del Sistema de Medición. (MSA)	5
2.1.1 Calidad de las mediciones.	5
2.1.2 Bias y varianza.	5
2.4 Lineamientos para determinar Repetibilidad y Reproducibilidad.	7
2.4.1 Métodos de Rangos y Promedios.	8
2.5 Cartas de control.	10
2.6 Cartas de control X barra-R.	11
2.7 Estudio r&R por el método ANOVA.	12
Capítulo 3. Estado del arte.	13
Capítulo 4. Diseño Metodológico.	21
4.1 Objetivos.	21
4.1.1 Objetivo General.	21
4.1.2 Objetivos específicos.	21
4.2 Instrumentos de recolección de datos.	22
4.3 Población de estudio.	24
4.4 Hipótesis.	26
4.5 Descripción de la metodología aplicada.	26
4.5.1 Etapa 1. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.	26
4.5.2 Etapa 2. Establecer métodos de medición para cada una de las familias de adhesivos elaborados en Soluciones Químicas MESAL.	32
4.5.3 Etapa 3. Realización de análisis de repetibilidad y reproducibilidad para producción maquila.	34
Capítulo 5. Resultados obtenidos.	40

5.1	Análisis r&R Die-Cut manual SQM-01046 calibrador SQM-CAL10.	41
5.1.1	Análisis gráfico del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.	42
5.1.2	Carta de rangos para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.	42
5.1.3	Carta de X-barra r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.	43
5.1.4	Carta de mediciones por unidad evaluada del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.	44
5.1.5	Carta Mediciones por operador del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.	45
5.1.6	Carta de mediciones promedio por operador para cada unidad evaluada del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.	46
Capítulo 6.	Discusión.	48
6.1	Análisis de resultados.	48
6.1.1	Revisión de historial de tiempo de inspección antes y después del proyecto del área de maquila.	49
6.1.2	Revisión del historial de tiempo de inspección antes y después del proyecto del área de Converter.	50
6.2	Conclusiones.	51
6.3	Recomendaciones.	52
X.	Referencias.	53
XI.	Anexos.	55

VI. Índice de ilustraciones.

Ilustración 1. Ubicación de la empresa. *Fuente:*

[https://www.google.com.mx/maps/place/SOLUCIONES+QUIMICAS+MESAL/@20.5642949,100.2672306,88m/data=!3m1!1e3!4m12!1m6!3m5!1s0x85d3429b9fc8299f:0x28bd940d0f9269e5!2sSOLUCIONES+QUIMICAS+MESAL!8m2!3d20.5642941!4d-](https://www.google.com.mx/maps/place/SOLUCIONES+QUIMICAS+MESAL/@20.5642949,100.2672306,88m/data=!3m1!1e3!4m12!1m6!3m5!1s0x85d3429b9fc8299f:0x28bd940d0f9269e5!2sSOLUCIONES+QUIMICAS+MESAL!8m2!3d20.5642941!4d-100.2670191!3m4!1s0x85d3429b9fc8299f:0x28bd940d0f9269e5!8m2!3d20.5642941!4d-100.2670191)

[100.2670191!3m4!1s0x85d3429b9fc8299f:0x28bd940d0f9269e5!8m2!3d20.5642941!4d-100.2670191](https://www.google.com.mx/maps/place/SOLUCIONES+QUIMICAS+MESAL/@20.5642941!4d-100.2670191) _____ 2

Ilustración 2. Calibrador Mitutoyo 500-196-30 Resolución:0.005. *Fuente:*

Elaboración propia. _____ 23

Ilustración 3. Calibrador Mitutoyo Resolución: 0.0005. *Fuente: Elaboración propia.*

_____ 23

Ilustración 4. Metodología de análisis. *Fuente: Elaboración propia.* _____ 26

Ilustración 5. Plano dimensional del n° parte SQM-02007 de la familia de BUTILO. *Fuente: Elaboración propia.* _____ 30

Ilustración 6. Plano dimensional del n° parte SQM-01046 de la familia de Die-Cuts manuales. *Fuente: Elaboración propia* _____ 30

Ilustración 7. Plano dimensional del n° parte SQM-01050 de la familia de Die-Cuts manuales. *Fuente: Elaboración propia.* _____ 31

Ilustración 8. Piezas del N° de parte SQM-01046 Die-Cut manual. *Fuente: Elaboración propia.* _____ 34

Ilustración 9. Etiqueta que muestra que el instrumento esta calibrado. *Fuente: Elaboración propia.* _____ 35

VII. Índice de tablas.

Tabla 1. Formato master para el registro de las mediciones obtenidas por los operadores. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	24
Tabla 2. Descripción y características de los n° de parte a evaluar. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	29
Tabla 3. Cotas del plano dimensional del SQM-02007. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	30
Tabla 4. Cotas del plano dimensional del SQM-01046. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	30
Tabla 5. Cotas del plano dimensional del SQM-01050. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	31
Tabla 6. Conteo de instrumentos a ser evaluados. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	33
Tabla 7. Calibradores activos en Soluciones Químicas MESAL. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	33
Tabla 8. Secuencia de medición del N° de parte SQM-01046. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	36
Tabla 9. Directrices AIAG para evaluar el sistema de medición con base en el porcentaje de variación (r&R total). <i>Fuente: ANÁLISIS DE SISTEMAS DE MEDICIÓN.</i>	37
Tabla 10. Recolección de medidas de Die-Cut manual SQM-01046 calibrador SQM-CAL10 (ANCHOS). <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	38
Tabla 11. Recolección de medidas de Die-Cut manual SQM-01046 calibrador SQM-CAL 07 (ANCHOS). <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	38
Tabla 12. Recolección de medidas de Die-Cut manual SQM-01046 calibrador SQM-CAL21 (ANCHOS). <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	39
Tabla 13. % de Variación del calibrador SQM-CAL010. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	41
Tabla 14. Tiempos de inspección en el área de maquila. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	49
Tabla 15. Tiempos promedio de inspección en el área de maquila. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	49

Tabla 16. Tiempos de inspección del área de converter. *Fuente: Elaboración propia.* _____ 50

Tabla 17. Tiempos promedio de inspección del área de converter. *Fuente: Elaboración propia.* _____ 50

VIII. Índice de Gráficos.

Gráfico 1. Resultados de la evaluación Diagnostica. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	27
Gráfico 2. Componentes de la variación del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	42
Gráfico 3. Carta de rangos para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	43
Gráfico 4. Carta de X-barra r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	44
Gráfico 5. Carta de mediciones por unidad evaluada del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	45
Gráfico 6. Carta mediciones por operador del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010 <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	46
Gráfico 7. Carta de mediciones promedio por operador para cada unidad evaluada del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	47
Gráfico 8. Tiempos promedio de inspección en el área de maquila. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	49
Gráfico 9. Promedio general de tiempos de inspección en el área de converter. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	50

IX Índice de Anexos.

ANEXO A. Tabla de recolección de medidas de Die-Cuts. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	55
ANEXO B. Primera parte de la evaluación diagnostica. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	56
ANEXO C. Segunda parte de la evaluación diagnostica. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	57
ANEXO D. Capacitación al personal de la empresa. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	58
ANEXO E. Recolección de medidas de BUTILO SQM-02007 calibrador SQM-CAL20 (ANCHOS). <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	59
ANEXO F. Recolección de medidas de BUTILO SQM-02007 calibrador SQM-CAL19 (ANCHOS). <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	59
ANEXO G. Recolección de medidas de Die-Cut manual SQM-01050 calibrador SQM-CAL 012 (ANCHOS). <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	60

IX. Introducción

La industria automotriz en México ha ido creciendo con el paso de los años, lo que ha llevado a la búsqueda de nuevas tecnologías en la fabricación de automóviles ligeros; ahora se quiere que el automóvil sea de menor peso, es por ello que se ha comenzado a reemplazar el uso de tornillos, pernos y soldaduras con el uso de adhesivos que se ocupan tanto en el interior como en el exterior de los automóviles.

La realización de este trabajo nace de la necesidad de poder evaluar el porcentaje de variación de cada operador y de los inspectores de calidad, y el porcentaje de variación de los equipos de medición en Soluciones Químicas MESAL, en este caso los equipos de medición fueron Vernier propios de la empresa.

Este trabajo está estructurado por seis capítulos para facilitar su comprensión. El capítulo I presenta el problema y su entorno, como lo es saber si se cuenta con un sistema de medición confiable y adecuado de acuerdo con las actividades que se realizan. el capítulo II & III, presentan los fundamentos teóricos que apoyan la investigación como; el análisis del sistema de medición, los estudios de repetibilidad y reproducibilidad, además de las herramientas que se utilizan en este tipo de estudios. El capítulo IV presenta a detalle la metodología utilizada para realizar los estudios de repetibilidad y reproducibilidad, el capítulo V, presenta el análisis de resultados; como el principal resultado que indica que el sistema de medición es el adecuado de acuerdo a los procesos que se llevan a cabo en la empresa, además de que se presenta que tanto los operadores son capaces de ser constantes en sus mediciones. El capítulo VI presenta las conclusiones y algunas recomendaciones para futuras investigaciones.

Capítulo 1. Generalidades.

1.1 Antecedentes generales.

Soluciones Químicas MESAL S.A. de C.V. ofrece soluciones adhesivas con una amplia variedad de productos para satisfacer los requerimientos solicitados en sus aplicaciones.

Cuenta con un equipo de profesionales capacitados para la optimización e implementación de nuevas técnicas para lograr el máximo desempeño en adhesivos, selladores, cintas, promotores de adhesión, entre otros. Cumpliendo con estrictos estándares de calidad para las industrias.

Trabaja diferentes líneas de adhesivos para la industria automotriz, convierte cintas y espumas con o sin adhesivos flexibles o no flexibles como AFT, VHB, Folio protector, EPDM, Dual lock's, cintas transfer, cintas de butilo, papel siliconado entre otros. Con la capacidad de unirse a una variedad de materiales como: aluminio, acero, vidrio, plásticos y superficies pintadas y con recubrimiento, que proporcionan soluciones de unión y sellado resistentes en casi cualquier sustrato. Estas piezas se pueden utilizar en aplicaciones como control de vibración, acústicos, head liner, Roof systems entre otras más. Estos materiales son trabajados por diferentes equipos con los que se cuentan como lo son una máquina rotativa (ROTARY), Cortadora y Troqueladora para la conversión de materiales flexibles con o sin adhesivo. Pero el trabajar con este tipo de materiales conlleva a tener controles muy puntuales según los requerimientos de los clientes de la industria.

La empresa cuenta con un excelente servicio a sus clientes con el respaldo de sus certificaciones en IATF 16949 e ISO-9001:2015.

Teniendo como principales clientes a: STANDARD PROFIL, HUTCHINSON, PSW, MAIER DE MÉXICO Y WEBASTO.

Con una ubicación en: QRO 431 1013, CARRETERA A LOS CUES, KM 1+300, CONJUNTO PKCO, 7NORTE, Bodega, La Piedad, Santiago de Querétaro, Qro.



Ilustración 1. Ubicación de la empresa. Fuente:

<https://www.google.com.mx/maps/place/SOLUCIONES+QUIMICAS+MESAL/@20.5642949,-100.2672306,88m/data=!3m1!1e3!4m12!1m6!3m5!1s0x85d3429b9fc8299f:0x28bd940d0f9269e5!2sSOLUCIONES+QUIMICAS+MESAL!8m2!3d20.5642941!4d-100.2670191!3m4!1s0x85d3429b9fc8299f:0x28bd940d0f9269e5!8m2!3d20.5642941!4d-100.2670191>

Misión.

Somos una empresa especializada en la comercialización, manufactura y conversión de soluciones integrales adhesivas, con el conocimiento y el compromiso de un equilibrio humano respaldado con tecnologías diversas e infraestructura propia, para atender a la industria en general.

Visión.

Ser el mejor proveedor de soluciones integrales adhesivas en el mercado automotriz nacional para el 2022.

Valores.

- Honestidad.
- Compromiso.
- Proactividad.
- Responsabilidad.

Políticas de Calidad.

Proveer a la industria con soluciones adhesivas integrales y tecnologías de ensamble, motivados en la mejora continua cumpliendo los estándares de calidad y los requerimientos de nuestros clientes, basados en la filosofía ganar – ganar dentro de un ambiente responsablemente ecológico.

1.2 Planteamiento del problema.

Soluciones Químicas MESAL inició en el año 1999 en el negocio de adhesivos, la actividad clave de la empresa es proveer materiales de alta calidad que cumplan con los estrictos estándares de esta industria; incluyendo aprobaciones OEM o desarrollo de nuevos proyectos con materiales alternos.

El proceso de producción de adhesivos en sus diferentes presentaciones está conformado por una serie de operaciones unitarias, tales como: Corte master de rollos jumbo, desprendimiento de Liner, cambio de Liner, Die-cut, PULL-TAB, suajes entre otros. En cada una de estas etapas, desde materia prima hasta producto terminado, se realizan pruebas por el departamento de control de calidad, con el fin de determinar si los valores obtenidos se encuentran dentro de las especificaciones del producto en cuestión.

A pesar de la ejecución de dichos controles, se presenta variabilidad de masa de producto terminado tanto en el área de Maquila como de Converter, en el proceso de producción de adhesivos debido a la falta de una normatividad específica que rija los procesos de producción para asegurar la calidad del producto final, el control de calidad para dichos productos y específicamente para Die-cuts Manuales, FOAMS, Rollos planetarios, BUTILOS, y Die-cuts provenientes de la máquina rotativa y de troquelado se basa en los resultados obtenidos en el control de masa de producto terminado; por lo que tal ensayo representa un punto crítico en el proceso productivo. En este sentido, aunque son varias las características de calidad evaluadas para controlar la producción, la masa de producto terminado es el referente de calidad en diferentes puntos del proceso.

El proceso de evaluación de masa de producto terminado representa también un área de oportunidad dentro del proceso productivo, ya que el sistema de medición utilizado carece de especificaciones en relación con las condiciones en las cuales debe mantenerse y operarse el instrumento de medición; existe también, falta de un procedimiento de operación, de calibración, así como de un plan de verificación y mantenimiento preventivo.

1.3 Preguntas de investigación.

1. ¿El porcentaje de variación se encuentra en un nivel aceptable?
2. ¿Los operadores están calificados para operar bajo este sistema de medición?
3. ¿El instrumento es capaz de operar sin caer en sesgos en la medición?
4. ¿Se cumplen con los porcentajes de aceptación por parte de AIAG?
5. ¿Se cuenta con un programa integral de capacitación?

1.4 Justificación.

La realización de este trabajo se sustenta a través de la aplicación de una herramienta estadística conocida como: Estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad en donde se pueden validar los criterios de las personas que toman decisiones para aceptar o rechazar un producto según sea su medida. Se implementará una herramienta la cual consiste en el análisis del sistema de medición (MSA), de procedimientos de operación, así como un método estandarizado y capacitación a los operarios. Se busca que este proyecto sirva como una guía metodológica para estudios posteriores. El estudio R&R es una de las únicas herramientas que puede brindar la confianza de determinar el grado de criterios validos que un grupo de personas pueda tener para tomar las decisiones, incluso dicho estudio puede determinar si las competencias de las personas que toman decisiones están dependiendo de factores externos como: control de su fuerza en las manos, una inadecuada distribución de su centro de trabajo, falta de entrenamiento con el instrumento de medición, etc.

Capítulo 2. Marco Teórico.

2.1 Adhesivos en la Industria automotriz.

El uso de adhesivos en aplicaciones automotrices es muy común, desde algo tan pequeño como un sensor hasta algo tan grande como el chasis del vehículo. Muchos autos de alto desempeño se fabrican utilizando materiales compuestos de bajo peso para mantener el peso del vehículo al mínimo. Estos materiales compuestos no se pueden soldar y el uso de sujetadores mecánicos solamente agregan peso al vehículo, alteran la estética y corren el riesgo de aflojarse por la vibración. El uso de adhesivos estructurales está entre los métodos preferidos de los profesionales de esta industria ya que permiten la unión de diferentes materiales (tales como materiales compuestos en donde la soldadura no es una opción). Una ventaja adicional, es el incremento en la resistencia logrado al incluir en la formulación de los adhesivos estructurales, hules que ayudan a absorber vibraciones y fuerzas de impacto. (Group, 2010).

2.2 Análisis del Sistema de Medición. (MSA)

El Manual MSA desarrollado por la AIAG, trata con sistemas de medición, entendidos estos como 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. Es el proceso completo usado para obtener mediciones.

2.1.1 Calidad de las mediciones.

El concepto básico del MSA es la calidad de las mediciones, que son las propiedades estadísticas de mediciones múltiples obtenidas de un sistema de medición operando en condiciones estables.

2.1.2 Bias y varianza.

Son las propiedades estadísticas más comúnmente usadas para caracterizar la calidad de los datos. Bias se refiere a la localización de los datos en relación con el valor de referencia (máster). La varianza se refiere a la dispersión de los datos.

Una de las razones más comunes de la baja calidad de los datos es la excesiva variación del sistema de medición.

Una proporción importante de esta variación puede deberse a la interacción del sistema de medición y su medio ambiente. Por ejemplo, un sistema usado para medir el volumen de líquido de un depósito puede ser sensible a los cambios de temperatura ambiente. Entonces, los cambios en volumen detectados pueden deberse a cambios en la temperatura ambiente y a cambios propiamente del volumen.

Si la variación debida a factores del medio ambiente es muy grande puede enmascarar la variación en el proceso, y en ese caso los datos del sistema de medición no son útiles. Una de las partes más importantes del estudio de sistemas de medición va dirigido a monitorear y controlar su variación.

Esto significa, entre otras cosas, que se debe aprender cómo interactúa el sistema de medición con su medio ambiente para que sean generados solamente datos de calidad aceptable. Esto es muy similar al enfoque que se aplica para entender y controlar la variación de un proceso de manufactura.

Por lo tanto, un proceso de medición puede ser visto como un proceso de manufactura que produce números (datos) como resultados.

El ver un sistema de medición de esta manera es útil porque nos permite traer todos los conceptos, filosofía y herramientas que han sido ya demostradas ser útiles en el área de control estadístico de los procesos.

Durante el proceso de medición se detecta la variación del proceso, a fin de tener conocimiento de:

- Lo que el proceso debiera estar haciendo.
- Lo que puede estar mal.
- Lo que el proceso está haciendo. (Group, 2010)

Dentro de un proceso productivo, lo ideal es que los sistemas de medición empleados para el monitoreo de ciertas características de calidad sean precisos y

exactos, es decir, que al medir el mismo objeto el sistema arroje resultados similares y que el promedio de dichos resultados sea la magnitud verdadera del objeto. En este sentido, la precisión es la variación o error que presentan las mediciones repetidas del sistema de medición sobre el mismo mesurando y puede ser evaluada a través de un estudio de repetibilidad y reproducibilidad (r&R), el cual permite determinar que parte de la variación observada en el proceso se debe al sistema de medición utilizado. De igual forma, los estudios r&R permiten cuantificar si el error presente en el sistema de medición es considerable en comparación con la variabilidad observada en el producto y con las tolerancias de la característica de calidad analizada; las fuentes de variabilidad que se pueden evaluar con la implementación de dicho estudio son la variabilidad del producto, del instrumento de medición, así como de los operadores. La repetibilidad puede ser expresada cuantitativamente en términos de la dispersión característica de los resultados. Teniendo en cuenta que la reproducibilidad es la proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando bajo condiciones de medición que cambian, ésta se puede expresar en forma cuantitativa, en función de las características de la dispersión de los resultados. (Gutiérrez, 2009)

La repetibilidad de los resultados de las mediciones es la cercanía entre los resultados de mediciones realizadas de forma sucesiva de una misma magnitud medida, efectuada en condiciones de medición iguales; es decir, el mismo procedimiento de medición, el mismo observador, el mismo instrumento de medición, el mismo lugar, en un periodo de tiempo corto. Por su parte, la reproducibilidad es la proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones consecutivas del mismo mesurando bajo condiciones de medición que cambian, donde es importante especificar las condiciones que cambian. (Group, 2010).

2.4 Lineamientos para determinar Repetibilidad y Reproducibilidad.

El estudio de gages para variables puede ejecutarse usando un número de diferentes técnicas. Estas son:

- Método de rangos
- Método de promedios y rangos (incluyendo el método de la gráfica de control)
- Método ANOVA

Excepto para el método de rangos, el diseño de los datos de estudio es muy similar para cada uno de estos métodos. Como se presentan, los métodos ignoran la variación dentro de las partes (tal como, redondeo, planicidad, etc.,

Sin embargo, el sistema de medición total incluye no solo el gage mismo y su sesgo respectivo, repetibilidad, etc., sino 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.

Finalmente, todas las técnicas en esta sección están sujetas al prerequisite de estabilidad estadística.

2.4.1 Métodos de Rangos y Promedios.

El método de promedios y rangos (X & R) es un enfoque el cual ofrece un estimativo de la repetibilidad y reproducibilidad para un sistema de medición. A diferencia del método de rangos, este enfoque permite que la variación del sistema de medición sea seccionada en dos componentes por separado, repetibilidad y reproducibilidad, pero no su interacción. (AIAG, 2002)

Los pasos que se siguen para la realización de este método según son:

1. Se determinan los equipos que se desean ensayar, el número de operadores y el número de ensayos que debe efectuar cada uno de ellos.
2. Cada operador realiza los ensayos correspondientes de cada equipos y consigna los resultados correspondientes en el formato respectivo para su posterior estudio.
3. Los operadores repiten las mediciones, pero esta vez en diferente orden y sin observar las mediciones realizadas anteriormente por sus compañeros.

4. Con los datos del formato se procede a calcular el rango de cada parte del equipo por medio de la ecuación:

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

5. Se calcula el rango promedio de cada operador utilizando la ecuación:

$$\underline{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

Donde **n**: es el número de mediciones realizadas por cada operador.

6. Se calcula el rango promedio de todos los rangos por medio de la ecuación:

$$\underline{\underline{R}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \underline{R}_i$$

Donde **m**: es el número de operadores y R_i es el rango promedio de cada operador.

7. Se calcula el porcentaje de la repetibilidad de las mediciones utilizando la ecuación:

$$\% \text{Repetibilidad} = \frac{k_1 * \underline{\underline{R}}}{T} * 100\%$$

Donde **K1**: es una constante que depende del número de mediciones realizadas por cada operador y proporciona un intervalo de confianza del 99% para estas características. $\underline{\underline{R}}$: es el rango promedio de todos los rangos.

T : es la tolerancia de la característica medida, en este caso del equipo ensayado.

8. Se calcula la medición promedio de cada operador utilizando la ecuación:

$$\underline{x}_i = \frac{1}{nr} \sum_{i=1}^n . X_i$$

Donde **n**: es el número de ensayos por operador, **r** es el número de partes y x_i es cada una de las medidas del operador.

9. Se calcula la diferencia entre el promedio mayor y el promedio menor de los operadores por medio de la ecuación:

$$\underline{x}_D = X_{\max} - X_{\min}$$

10. Se calcula el porcentaje de la reproducibilidad por medio de la ecuación:

$$\% \text{ de Reproducibilidad} = \sqrt{\frac{(K_2 * x_D)^2 - \frac{(k_1 R)^2}{nr}}{T}} * 100\%$$

Donde:

K2: es una constante que depende del número de operadores y proporciona un intervalo de confianza del 99% para estas características.

xD: es la diferencia entre el promedio mayor y promedio menor de los operadores.

n: es el número de ensayos por operador. **r:** es el número de partes medidas.

T: es la tolerancia de la característica medida, en este caso del equipo ensayado.

11. Se calcula el porcentaje de la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad mediante la ecuación:

$$\%R\&R = \sqrt{(\%Repetibilidad)^2 + (\%Reproducibilidad)^2}$$

12. Se interpretan los resultados obtenidos, por medio de los siguientes criterios:

- Si $\%R \& R < 10\%$ el sistema de medición es aceptable.
- Si $10\% \leq \%R \& R < 30\%$ el sistema de medición puede ser aceptable según su uso, aplicación, costo del instrumento de medición, costo de reparación.
- Si $\%R \& R > 30\%$ el sistema de medición es considerado como no aceptable y requiere de mejoras en cuanto al operador, equipo, método, condiciones, etc.

2.5 Cartas de control.

Las cartas de control o gráficos de control son herramientas utilizadas para llevar a cabo el control de calidad de los productos y fueron desarrolladas originalmente por Walter Andrew Shewhart en los años 20; sin embargo, fueron difundidas a nivel mundial por William Edwards Deming y permiten definir los límites y parámetros óptimos en un proceso determinado.

El objetivo de una carta de control es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo, mediante el seguimiento estadístico de muestras de la

producción evaluando una característica de calidad; lo que constituye un procedimiento eficaz para asegurar que un proceso de fabricación se encuentre en condiciones de control estadístico y, en consecuencia, que la variabilidad se deba únicamente a causas no asignables.

Las cartas de control para variables se utilizan para evaluar características de calidad de tipo continuo, es decir, aquellas que de forma intuitiva requieren un instrumento de medición para la obtención de datos, como lo son: el peso, volumen, voltaje, longitud, resistencia, temperatura o humedad. (Alfaro, 2010)

2.6 Cartas de control X barra-R.

El diseño de cartas de control es una herramienta que determina los parámetros óptimos para reducir el costo esperado por unidad de cierto proceso, dado un nivel de desempeño deseado. En la industria, existen procesos considerados de tipo masivo, donde se produce un número elevado de unidades, partes o componentes, durante un lapso de tiempo pequeño, algunos de estos procesos realizan miles de operaciones por día, mientras que otros efectúan varias decenas o centenas, en ambos casos se está frente a un proceso masivo; si además, la variable de salida de interés es de tipo continuo, que requiere de un instrumento de medición para la obtención de datos, se está en las condiciones ideales para aplicar las cartas de control X-R. (Maldonado, 2007)

Las cartas de control X promedio, son herramientas pertenecientes al control estadístico de procesos, para mejorar la calidad y productividad de una compañía; permiten monitorear cambios o corrimientos de la media en un proceso mediante el establecimiento de tres parámetros que son: el tamaño de muestra (n), el intervalo de muestreo (h) y el coeficiente del límite de control. (k).

Las cartas de control X-R, son diagramas para el estudio de variables de tipo continuo aplicados a procesos masivos, en donde en forma periódica se obtienen subgrupos, se miden y se calcula la media y el rango para registrarlos en la carta correspondiente; a la salida del proceso, cada determinado tiempo o número de piezas, se toma una muestra o subgrupo, al que se determinará la característica de calidad correspondiente y se calcula la media y el rango para cada periodo de

tiempo; la carta X permite analizar la variación entre los subgrupos para detectar cambios en la media del proceso, mientras que con la carta R se analiza la amplitud o magnitud de la variación del proceso. (Orlandoni, 2012)

2.7 Estudio r&R por el método ANOVA.

Los estudios r&R permiten evaluar de modo experimental que parte de la variabilidad total (σ^2_{total}) observada en un proceso a través de las mediciones realizadas es atribuida al sistema de medición; en este sentido, las fuentes de variabilidad que se pueden evaluar a través del estudio r&R son: variabilidad atribuida al propio producto (σ^2_{prod}), variabilidad por el instrumento de medición (σ^2_{instr}) y la variabilidad introducida por los operadores (σ^2_{oper}); por lo tanto, la variabilidad total observada está dada por la ecuación siguiente, donde la variabilidad total es la suma de los factores antes mencionado.

$$\sigma^2_{total} = \sigma^2_{prod} + \sigma^2_{instr} + \sigma^2_{oper}.$$

En este sentido, como se puede apreciar en la ecuación 4 la repetibilidad corresponde a la variabilidad dada por el instrumento de medición o factor no humano y en la ecuación 5 se muestra como la reproducibilidad está dada por la variabilidad introducida por el operador o factor humano.

$$\sigma^2_{repeti} = \sigma^2_{instr}.$$

$$\sigma^2_{reprod} = \sigma^2_{oper}.$$

Por lo tanto, la variabilidad total obtenida a través de un estudio r&R ($\sigma^2_{r\&R}$) corresponde a la suma de la repetibilidad y reproducibilidad como se muestra en la ecuación siguiente:

$$\sigma^2_{r\&R} = \sigma^2_{repeti} + \sigma^2_{reprod}.$$

Para la determinación de la repetibilidad y reproducibilidad de un sistema de medición se pueden emplear tres métodos, los cuales están basados en la evaluación estadística de las dispersiones de los resultados, ya sea en forma de rango o a través de la varianza o desviación estándar; dichos métodos son rango, promedio y rango y el análisis de varianza. (AIAG, 2002).

Capítulo 3. Estado del arte.

A fin de contar con un panorama amplio y saber cómo se encuentra en la actualidad la práctica y el análisis de los estudios de repetibilidad y reproducibilidad (r&r) en varios sectores como pueden ser desde el industrial hasta el farmacéutico; se analiza un total de 11 investigaciones, de las cuales, 4 son artículos de divulgación científica, 7 tesis de estas 5 son de grado de licenciatura y 2 de doctorado, la base de datos donde se consultaron estas investigaciones fue Google Academic. Las investigaciones citadas fueron publicas el año 2016 al 2020.

Se encuentran investigaciones de los estudios de repetibilidad y reproducibilidad en áreas como la oftalmología, esto para tener un método adecuado en el cálculo del espesor y curvatura corneal, otro estudio que forma parte de la rama de la medicina es uno aplicado en la elaboración de envases farmacéuticos. En la industria alimentaria encuentran investigaciones que van desde la determinación del contenido de grasa en la leche hasta la aceptación o rechazo de granos de café. En la industria automotriz destaca una investigación que, a diferencia de la presente, analiza atributos y no variables. Como parte del sector industrial las investigaciones van dirigidos a los métodos para implementar mejoras en la línea de producción y así ser más eficientes haciendo uso de las Core Tools. Podemos destacar que este tipo de investigaciones se han desarrollado en Cuba, Colombia, España, México y Argentina.

Barragán (2017) en su investigación plasma como el avance tecnológico hace que constantemente se mejoren las técnicas en dispositivos utilizados en la medicina de nueva generación, lo que requiere de estudios para ser evaluadas estas técnicas y compararlas objetivamente respecto las generaciones anteriores. Es por ello, que se plantea un estudio para evaluar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones del grosor de la retina y la coroides utilizando la tecnología OCT-SS en una cohorte de ojos con EMD y poder comparar la variabilidad de las mediciones maculares obtenidas usando un OCT de dominio espectral frente al OCT swept source en pacientes con EMD. Si podemos confirmar que el grosor de la retina y la coroides en los ojos con EMD se puede cuantificar con buena fiabilidad, repetibilidad

y reproducibilidad utilizando los nuevos dispositivos OCT que incorporan la tecnología swept source (OCT-SS), podremos incorporar esta novedosa tecnología en la práctica clínica diaria.

Concluyendo que el grosor de la retina y la coroides en los ojos con EMD se puede cuantificar con buena fiabilidad, repetibilidad y reproducibilidad utilizando los nuevos dispositivos OCT que incorporan la tecnología swept source.

Como podemos ver, los estudios de repetibilidad y reproducibilidad se comienza a utilizar en la medicina, por lo que Pérez (2019) sugiere que, la repetibilidad se aplique mediante medidas realizadas en condiciones lo más estables posible, tomadas con diferencias pequeñas de tiempo, por un mismo operario y con el mismo equipo, la reproducibilidad se emplea en medidas que se efectúan en distintas condiciones.

El Oculus Pentacam es una cámara rotatoria de Scheimpflug. El procedimiento de examen rotatorio genera imágenes Scheimpflug tridimensionales, en el que la rejilla de puntos se estrecha en el centro por la rotación.

El nivel de confianza en la información proporcionada por este equipo depende de su eficacia. Los estudios de las mediciones corneales obtenidas con Pentacam reportan una buena repetibilidad y reproducibilidad.

La repetibilidad y la reproducibilidad son muy buenas y confiables para las valoraciones clínicas e investigativas que involucren las medidas del espesor y curvatura corneal, sin diferencias estadísticas ni clínicamente significativas intra o interexaminador. Los estudios R&r se pueden utilizar como herramienta en muchas industrias y su uso es cada vez más común en muchos sectores.

Algarín (2019) muestra como en cualquier actividad química, que involucre análisis, investigación, fabricación e inspección, gran parte de la toma de decisiones y conclusiones se hacen con base a las mediciones confiables que se realizan. Los pilares de la medición son los equipos, los métodos y el personal. Demostrando que, dentro del rubro de equipos, las mediciones de masa son ampliamente usadas para conocer el error y las incertidumbres con las que las se obtienen. Además, agrega

que en muchas ocasiones las organizaciones no consideran el impacto de tener sistemas de medición de calidad, el hecho de que las mediciones no sean exactas puede llevar a cometer errores en el cálculo, en los análisis y conclusiones de los estudios de capacidad de los procesos.

Con la realización del estudio, permitió demostrar los conflictos referentes a las personas y los equipos del laboratorio de CAFESCA, esto mediante el método de Repetibilidad y Reproducibilidad, los conflictos están referidos en el caso de las pruebas sistematizadas a ligeras fallas del equipo que probablemente, sean la ubicación de donde se encuentren o también la atención que mantuvo cada operador al realizar cada una de las pruebas, aunado a eso, las pruebas sistematizadas con referencia a las directrices de AIAG son aceptables.

Para las pruebas visuales, hallo muchos conflictos o márgenes de error, probablemente, debido a que los métodos realizados por parte de los analistas, aunque la técnica sea correcta el entrenamiento es deficiente. Obteniendo como resultados para estas pruebas la No Confiabilidad, de los resultados mediante la aplicación del estudio R&R.

Con la Repetibilidad y la Reproducibilidad se reflejó la variabilidad del método y del operador respectivamente y se determinó que el laboratorio de control de calidad, si cumple con la mayoría de los requisitos establecidos por la Norma ISO-IEC 17025 (NMX-EC-17025). Para la calibración de Equipos.

Para Saravia (2020) dentro de su análisis concluyen que las organizaciones no consideran el impacto de no tener sistemas de medición de calidad, el hecho de que las mediciones no sean exactas puede llevar a cometer errores en el cálculo, y en los análisis y conclusiones de los estudios de capacidad de los procesos.

Haciendo énfasis en que cuando los operadores no miden una pieza de manera consistente, se puede caer en el riesgo de rechazar artículos que están en buen estado o aceptar artículos que están en mal estado. Adicionando que no solo es por cuestión del operador sino también si los instrumentos de medición, sino están calibrados correctamente también se pueden cometer errores y si ocurren ambos

casos tenemos un sistema de medición deficiente que puede hacer que un estudio de capacidad parezca insatisfactorio cuando en realidad es satisfactorio. Lo anterior puede tener como consecuencia gastos innecesarios.

En su estudio de repetibilidad y reproducibilidad identifica al factor "parte" como el de mayor contribución a la variabilidad total y que el sistema de medición es adecuado, lo cual está avalado por los índices reconocidos.

Garzón (2015) dentro del estudio denominado *“Evaluación del sistema de medición en la fabricación de gel de hidróxido de aluminio”* destaca la importancia que tiene evaluar al sistema de medición, de modo que al menos se tengan en cuenta tres componentes: operador, equipo de medición y las partes o muestras a objeto de medición.

La obtención de información cuantitativa (datos) implica realizar mediciones sobre unidades de interés, y es donde radica la importancia de la actividad de medir. Así Nolasco (2018) considera que para avanzar en un programa de mejoramiento de calidad es necesario contar, entre otras cosas, con un sistema de medición confiable; por estas razones pone especial cuidado en desarrollar sistemas que aseguren que estos cumplan y garanticen sus resultados y la evaluación de la conformidad del producto. Además, precisa en lograr que los sistemas de medición se conviertan en un factor de mejora de los procesos y no en un elemento que los obstaculice.

Dentro de su estudio los datos que genera el sistema de medición son utilizados para apoyar la mayoría de las decisiones organizacionales, sean estas a nivel operacional, táctico o estratégico; de modo que se considera dato crítico aquel que resulte más importante teniendo en cuenta su determinado uso.

Dentro del contexto de estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad en el trabajo de Pérez, García, Guzmán y Rojas (2019) se hace énfasis en que para mantener un mejor control que permita a una empresa dirigirla hacia dónde quiere ir realmente. Se debe mantener una supervisión en períodos cortos que permita a la organización corregir el camino hacia donde esta se está dirigiendo, un control periódico permite

que la empresa no gaste grandes cantidades de recursos tratando de regresar al camino que desea seguir para alcanzar su éxito.

Finalmente, como trabajo futuro se plantea aumentar la capacidad del sistema de medición de la precisión en el pesaje de la preparación de pedidos complementando el modelo estadístico r&R con otros diseños de experimentos que permitan identificar los factores que contribuyan al aumento de la precisión.

Señala que, con el uso de herramientas industriales, como el uso de análisis como el de repetibilidad y reproducibilidad, permiten tener una visión más clara de lo que se hace y como se hace, y, además, permite crear los cimientos para que las pequeñas y medianas empresas opten por una certificación ISO o algún otro tipo, las cuales son muy bien vistas hoy en día. Estas certificaciones incrementarán sus posibilidades de competitividad con las grandes empresas a nivel regional y mundial, según sea el objetivo de la empresa.

En el proyecto de Hernández, Gómez y González (2017) presentan antecedentes sobre la industria automotriz argumentando que el constante crecimiento y desarrollo de esta industria ha propiciado el desarrollo de las empresas dedicadas a la fabricación de autopartes, pues las piezas son necesarias para el ensamble de los vehículos. La mejora en la distribución del área de trabajo es una de las formas de lograrlo, pues impacta en la reducción del desperdicio.

Dentro de su proyecto resaltan que en México el sector automotriz se ha concentrado principalmente en cuatro regiones, las cuales han respondido a una lógica económica diferenciada. Se realizó un estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) por atributos, con el fin de identificar las fuentes de variación que contribuyen en la desviación de piezas “buenas” o “malas” en el departamento de clasificado de botones internos. Donde es importante resaltar que la escala de eficiencia evaluada entre las clasificadoras denota una alta necesidad de mejora. Volviéndose trascendental hacer un análisis más detallado, debido a que el desvío puede estar provocando una pérdida grande de piezas.

La industria automovilística exige niveles muy específicos de calidad para las marcas y fabricantes de automóviles, es así como Elizalde, Nariño y Rodríguez (2018) en su trabajo menciona que para los proveedores de productos y materiales de producción el producto final debe tener una fiabilidad muy alta por su necesidad de ser seguro para los pasajeros; en el sector de la automoción la metrología es imprescindible para poder cumplir con las exigencias de calidad del mercado. Es por eso que para el análisis de los sistemas metrológicos se utilizan importantes herramientas estadísticas, que permiten la evaluación del grado de fiabilidad de los datos generados por los sistemas de medición utilizados por una empresa. La evaluación estadística de la calidad de las medidas es un importante estudio que debe formar parte integrante de la gestión de toda empresa.

De la aplicación del modelo estadístico R&R en la operación se obtiene como resultado una metodología de investigación aplicada, que permite medir y evaluar la precisión del sistema de medición del pesaje en la preparación de pedidos de forma cuantitativa, basándose en estimadores estadísticos. Del caso se concluye que la báscula utilizada en el pesaje de los pedidos está causando variabilidad y errores en las mediciones, lo cual afecta potencialmente la eficiencia de la empresa y la capacidad para atender los requerimientos de los clientes, debido a que pueden prepararse pedidos de ensaladas con menores o mayores cantidades de lo solicitado.

Garzón (2015) en su investigación tiene como principal objetivo validar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad en los ensayos del laboratorio de control de calidad de una empresa agroindustrial como parte de un control metrológico. El desarrollo de la investigación se dividió en varias etapas: etapa de diagnóstico donde se aplicaron técnicas de recolección de datos como la observación directa, las encuestas y, la recolección y análisis de datos históricos aplicando estadística descriptiva, etapa de evaluación de los métodos para estudio de repetibilidad y reproducibilidad donde se seleccionó el más adecuado, etapa de esquematización del control metrológico que permitió lograr la estandarización del estudio de repetibilidad y reproducibilidad como parte del control metrológico y la etapa de

aplicación del estudio que permitió determinar la confiabilidad de los ensayos realizados en el laboratorio. Por último se concluyó que el laboratorio de control de calidad no cumple con todos los requisitos establecidos por la Norma Técnica ISO 17025-2005, los analistas del laboratorio de control de calidad no poseen el conocimiento adecuado en materia metrológica, mientras que le jefa si, el estudio de repetibilidad y reproducibilidad puede aplicarse únicamente al análisis de humedad método rápido específicamente en las líneas PC1, PN5 y PL3, se seleccionó el método de promedios y rangos para el estudio r&R, se logró estandarizar el control metrológico y finalmente los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio no son confiables. La presente investigación aporta información vital para establecer un control metrológico que involucre estudios de repetibilidad y reproducibilidad.

Todas las investigaciones anteriores brindan una referencia para el desarrollo de futuras mejoras en la gestión, desarrollo y ejecución de estudios de repetibilidad y reproducibilidad y esta pretende ser una en el sector automotriz, Algunas de estas coinciden en los métodos de recolección de datos, así como en la realización del ejercicio independientemente del tipo de material. No obstante, se diferencian algunas de otras, en cinco de estas investigaciones emplean los métodos de rangos, promedios y rangos y ANOVA. En cuatro de ellas solo el método ANOVA y en dos se emplean los métodos de promedios y rangos, cabe recalcar que en todas las investigaciones se incluyen gráficos donde se plasman los resultados obtenidos a lo largo del ejercicio.

En México existe poca información acerca de los estudios de repetibilidad y reproducibilidad en la industria automotriz; de las investigaciones consultadas existe una en la que se enfoca a este sector, solo que esta desarrollada en atributos y no en variables, dos de ellas se realizaron en la industria manufacturera y una en la industria alimenticia, los estudios r&R no se han aplicado en investigaciones recientes sobre la aplicación de cintas adhesivas en autopartes, por lo que a partir este trabajo pueden adaptarse ciertos elementos con el fin de garantizar el

desarrollo de una investigación con una perspectiva amplia y sistémica que aborde la complejidad de este tipo de estudios.

Capítulo 4. Diseño Metodológico.

4.1 Objetivos.

4.1.1 Objetivo General.

Evaluar el porcentaje de Repetibilidad y Reproducibilidad del operador, así como el porcentaje de variación del equipo utilizado para la medición de los números de parte SQM-01046, SQM-01050 Y SQM-02007 en Soluciones Químicas MESAL planta PKCO.

4.1.2 Objetivos específicos.

- Establecer los instrumentos de medición adecuados para la medición de las piezas dependiendo del N° de Parte del adhesivo.
- Cumplir con los porcentajes de aceptación para la Repetibilidad y Reproducibilidad establecidos por la AIAG (Grupo de Acción de la Industria Automotriz).
- Dimensionar el producto terminado que cumpla con el porcentaje de repetitividad establecido por la AIAG para su aceptación.
- Elaborar instrucciones de trabajo en donde se especifiquen los métodos de medición para cada número de parte.

4.2 Instrumentos de recolección de datos.

La empresa suministro todos los materiales requeridos para la realización del estudio, facilitando el acceso a todos los instrumentos de medición, manuales, bitácoras, equipos de cómputo y los programas requeridos para realizar las mediciones y el análisis.

Comparadora. Utilizada para captura información requerida en la investigación mediante la utilización de la paquetería Microsoft Office 2016 con programas como Excel y Word.

Base de datos de la empresa. Utilizada para documentar los procedimientos de medición una vez aprobados y archivarlos junto a los documentos correspondientes al departamento de calidad para resguardarlos en forma digital.

Software Excel. Hoja de cálculo que abarca aspectos necesarios para el aprendizaje y aplicación de la estadística en general. Como el análisis descriptivo, regresión lineal, series temporales, análisis de tiempos de fallo, control de calidad, ANOVA, gráficos X, bases de datos.

Tablas de secuencia aleatoria. Para la medición de piezas en de ambas áreas de producción se utilizaron tablas de números aleatorios.

Formatos para la toma de mediciones. Utilizado para registrar los resultados de las mediciones que proporcionaran las operadoras en los estudios de R&D's.

Tabla para tener contabilizados los instrumentos de medición que se tomaran en cuenta para la realización del estudio. En esta tabla vienen las áreas en donde se utilizan los instrumentos de medición, su clasificación y la cantidad de instrumentos con los que cuenta el área. Se tiene un total de 12 calibradores de medición en la organización, pero solo se les realizó el estudio a 15 de ellos todo esto porque 3 no interactúan con el proceso. Los calibradores a los que no se les realizó el estudio fueron:

- SQM-CAL01.
- SQM-CAL08.

- SQM-CAL015.

Se iniciaron los estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad con los siguientes recursos:

- Nueve calibradores de los cuales catorce de ellos son Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.005.



Ilustración 2. Calibrador Mitutoyo 500-196-30 Resolución:0.005. Fuente: *Elaboración propia.*

- Tres calibradores Mitutoyo, unidad de medida: In, Resolución: 0.0005.



Ilustración 3. Calibrador Mitutoyo Resolución: 0.0005. Fuente: *Elaboración propia.*

Dos cajas de cartón con una dimensión de 42cm x 42cm x 32 cm una de las cajas fue para las piezas que se utilizaron en el área de converter y la otra caja fue para el área de maquila.

Formatos para la toma de datos en el que se encuentran las diferentes condiciones en las que se realizan los estudios, el instrumento de medición, el número de parte de la pieza, así como la característica a medir de la pieza, el número de intentos, los nombres de los operadores y la cantidad de piezas a medir. Anexo A.

Formato Máster en donde se registraron las mediciones obtenidas por los operadores, este formato fue útil para todos los estudios realizados.

Gage Repeatability and Reproducibility Data Collection Sheet																			
Part No. & Name:																			
Characteristics:																			
Specifications:																			
Upper Spec				# of Trials =	0			K ₁ =				Xbar diff =	0			D ₄ =			
Lower Spec				# of appraisers =	0			K ₂ =				Rbarbar =	#DIV/0!			R _p =	0		
Total Tol	0			# of parts =	0			K ₃ =	#N/A										
Appraiser/Trial #	Part											Average							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1																			
2																			
3																			
Average											Xbar _a =								
Range											Rbar _a =								
1																			
2																			
3																			
Average											Xbar _b =								
Range											Rbar _b =								
1																			
2																			
3																			
Average											Xbar _c =								
Range											Rbar _c =								
Part Average											Xbarbar = #DIV/0! R _p = 0								
[(Rbar a = + Rbar b = + Rbar c =) / # of appraisers = 0] = Rbarbar											Rbarbar = #DIV/0!								
(Max Xbar = 0) - Min Xbar = 0) = Xbar diff											Xbar diff = 0								
#DIV/0!											UCL R = #VALOR!								

Tabla 1. Formato master para el registro de las mediciones obtenidas por los operadores. *Fuente: Elaboración propia.*

4.3 Población de estudio.

El análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad en el área de maquila se llevó a cabo en el lugar de trabajo de los operadores para que sea lo más cercano a la realidad posible sin alterar sus horarios de trabajo, condiciones físicas del área de trabajo, así como el clima en el llevan a cabo sus actividades, siendo 3 operadores las que participaron en dicho estudio.

El análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad en el área de Converter se llevó a cabo las mesas de inspección de producto terminado de los operadores para que sea lo más cercano a la realidad, estas mesas de trabajo están separadas por

mamparas por cuestiones de salubridad siendo 3 operadoras las que participaron en dicho estudio.

El análisis para los inspectores de calidad de llevo a cabo en el área de GP12 donde verifican el material antes de ser llevado al área de producto termino que está listo para ser enviado al cliente análisis aplicado a 3 inspectores de calidad.

Para este estudio se tomaron 30 piezas para el estudio, con diez repeticiones por estudio. Diez piezas totales por todas las familias de adhesivos; de las cuales para la familia de Die-Cuts convertidos en la máquina Rotary se proporcionaron diez piezas del número de parte SQM-01050 del cliente ELDISY de México.

Los números de parte que se trabajan en el área de Maquila son los siguientes.

Para la familia de Die-Cuts convertidos de forma manual por las operadoras se proporcionaron 10 piezas del número de parte SQM-01046 y del cliente MIER de México.

Para la familia de Butilos de proporcionaron 10 piezas del número de parte SQM-02007 del cliente PINO AUTOMOTIVE.

4.4 Hipótesis.

1. El sistema de medición en Soluciones Químicas MESAL es apto de acuerdo con los procesos que se llevan a cabo en la empresa, permitiendo garantizar la calidad y confiabilidad de sus procesos y productos.

4.5 Descripción de la metodología aplicada.

4.5.1 Etapa 1. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

Para la consecución del análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad que se llevó a cabo en Soluciones Químicas MESAL se identificaron los diversos procesos que existen en la organización, instrumentos de medición, así como los diferentes adhesivos con las que se trabaja en sus dos áreas operativas (converter y maquila) y, por último, pero no menos importante a cada uno de los operadores que trabajan en las diferentes líneas de producción.

Para la metodología del análisis de los calibradores activos en Soluciones Químicas MESAL se clasificaron las actividades en 4 etapas como se muestra en la Ilustración

4. El análisis se realizó por variables y no por atributos.

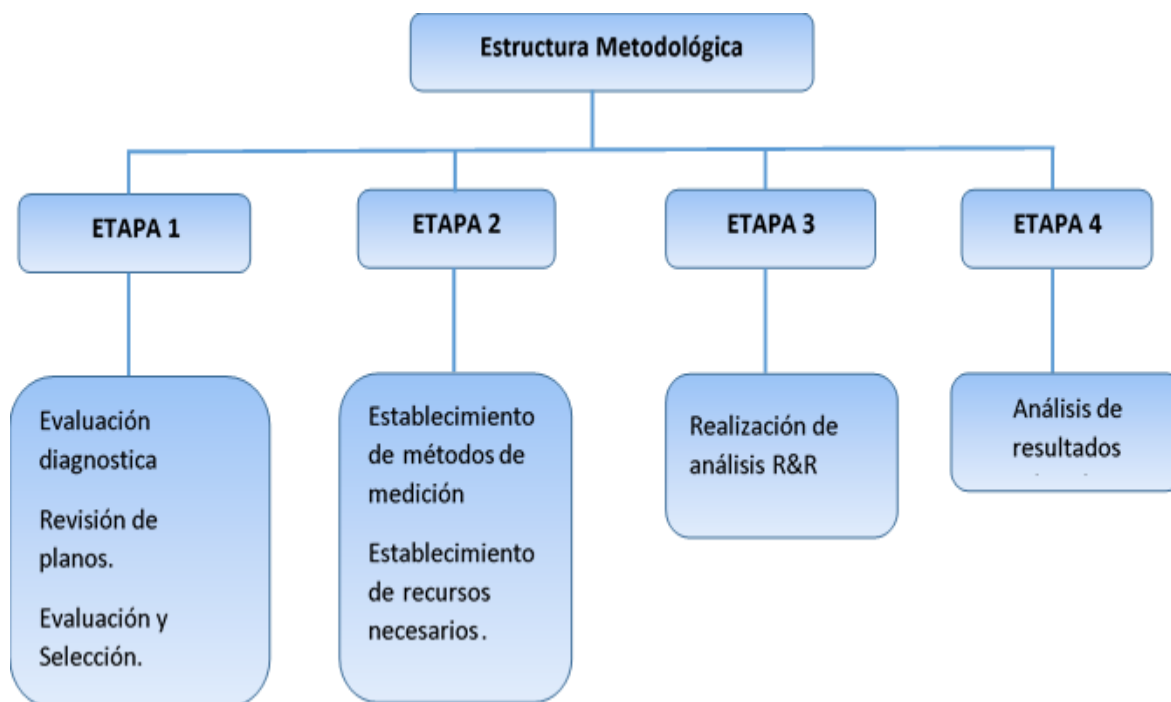


Ilustración 4. Metodología de análisis. Fuente: Elaboración propia.

4.5.1.1 Evaluación diagnóstica a operadores.

La evaluación diagnóstica de los operadores se aplicó a todo el personal que tenga que ver de forma directa para el aseguramiento de la calidad dimensional de los números de parte que se realizan en la empresa siendo un total de:

- 6 operadores.
- 3 inspectores.

Esta evaluación se llevó a cabo en las líneas productivas de los operadores con la finalidad de que el estudio sea lo más cercano a la realidad del entorno en que realizan sus actividades cotidianas de trabajo con variables que no son posibles de controlar como la temperatura del lugar, humedad, entre algunas más. Anexos B, C.

A partir los resultados obtenidos de la evaluación diagnóstica que se muestran en el gráfico 1. Se decidió dar una capacitación a todo el personal que tiene que ver de forma directa en el aseguramiento de la calidad del producto terminado. Dentro de la capacitación a lo que se dio más énfasis fueron los siguientes temas: partes por las que está conformado el calibrador los cuidados que se deben tener el dispositivo antes, durante y después de su uso además de que es lo que se puede medir con el calibrador (interiores, exteriores y alturas).

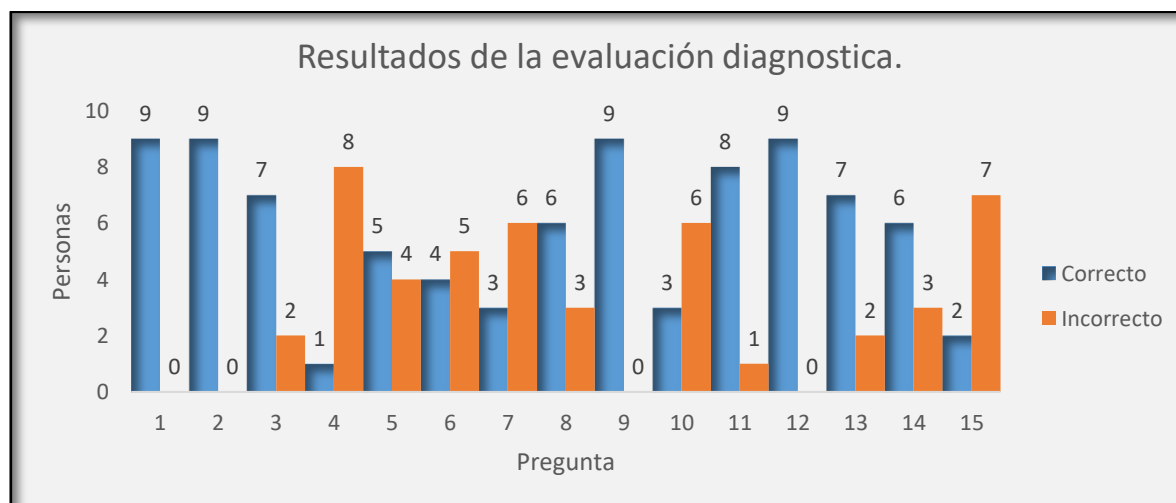


Gráfico 1. Resultados de la evaluación Diagnóstica. *Fuente: Elaboración propia.*

5.1.1.2 Capacitación al personal de la empresa.

Esta capacitación tiene como objetivo el asegurar la comprensión terminológica y de medición para poder comunicarse eficazmente entre compañeras, así como con sus superiores en dudas y/o aclaraciones que llegaran a necesitar en caso de que surja alguna duda durante la realización de sus actividades, además a medida de lo posible facilitar su trabajo y mejorar en los tiempos de inspección del producto.

Dicha capacitación tuvo un tiempo de duración de aproximadamente 20 minutos y se llevó a cabo durante 3 días.

Se comenzó por dar una explicación del vernier análogo y el vernier digital; así como de las diferencias y similitudes que existen entre sí. Aquí se le dio más importancia al vernier digital ya que es el instrumento que se utiliza para la toma de mediciones de las familias de adhesivos elaborados en Soluciones Químicas MESAL. Además de que muchas de las personas es la primera vez que tiene relación con este instrumento de medición y no tienen conocimiento del buen uso del vernier.

En el apartado de partes del calibrador Vernier se explicó las partes que componen al dispositivo, así como la función que cumple cada una de ellas. Se tuvo mención especial en las superficies para mediciones internas y en las superficies para mediciones externas ya que son las partes con las que se mide, pero existe confusión de en qué momento usar las superficies internas o en qué momento usar las superficies externas.

Se indicó como es que se debe encender el dispositivo, y como es que se debe calibrar antes de comenzar a realizar mediciones; adicional a esto se les indicó como es que deben dar cuenta que el calibrador ya está listo para usarse y las unidades de medida que debe tener para poder comenzar a trabajar siendo que el calibrador es necesario que siempre nos de las mediciones en milímetros ya que es la unidad de medida con la que se trabaja en Soluciones Químicas MESAL.

En la parte de la limpieza de las mordazas para medidas de exteriores se explicó que para poder obtener buenos resultados en el momento de tomar mediciones se requiere abrir las mordazas y colocar la hoja en la parte de en medio y cerrar hasta

topar, jalar la hoja de papel, pero no con tanta fuerza para evitar dañar el dispositivo todo esto con el dispositivo encendido. Si al cerrar las pinzas del calibrador notamos que nos arroja alguna medida en la pantalla, será necesario poner en cero el vernier con ayuda del botón en color amarillo.

Se les mostro un pequeño ejemplo de cómo es que el vernier está listo para usarse y como cuando se necesita calibrar el dispositivo. En el momento en el que nos percatamos de que al cerrar las mordazas nos da una medida será necesario presionar el botón cero (botón de color amarillo) de esta forma nuestro dispositivo estará listo para usarse. (Presentación de la capacitación en el ANEXO D).

5.1.1.3 Revisión de planos para evaluar las unidades de medida requeridas por los clientes.

En la tabla 2 se puede observar cómo se recolectaron los datos más relevantes de los números de parte que van a ser utilizados en los análisis. En esta tabla se pueden encontrar datos como el cliente, el número de parte que tiene el producto para poder ser identificado, material de cinta que el producto es elaborado, familia o producto final, las dimensiones en anchos y largos que tienen los productos con sus respectivas tolerancias en milímetros y la dimensión total que tienen los productos ya elaborados.

 Soluciones Adhesivas®				Especificación dimensional.			
Cliente	No. de Parte Mesal	Material	Producto	Ancho de Die-Cut	Largo cinta	liner/ Ancho de pape	Dimension total
PINO AUTOMOTIVE	SQM-02007	B 3023	BUTILO	15 mm +/- 1 mm	50 mm +/- 1 mm	35 mm +/- 1 mm	...
Mair de México	SQM-01046	GT 7104 3M	DIE CUT Manual	10 mm +/- 0.5 mm	434 mm +/- 2.0 mm	40 +/- 2.0 mm	474 mm
ELDISY DE MEXICO	SQM-01050	GT 7108 3M	DIE CUT	5 mm +/- 0.5 mm	166 mm +/- 2.0 mm	40 +/- 2.0 mm	206 mm

Tabla 2. Descripción y características de los n° de parte a evaluar. *Fuente: Elaboración propia.*

Como parte del área de maquila se revisaron los planos dimensionales de los Die-Cuts SQM-01050 del cliente ELDISY MÉXICO y el BUTILO SQM-02007 del cliente PINO AUTOMOTIVE y del lado de converter el SQM-01046 del Cliente MIER de México las características dimensionales se encuentran en las siguientes ilustraciones: 5,6,7.

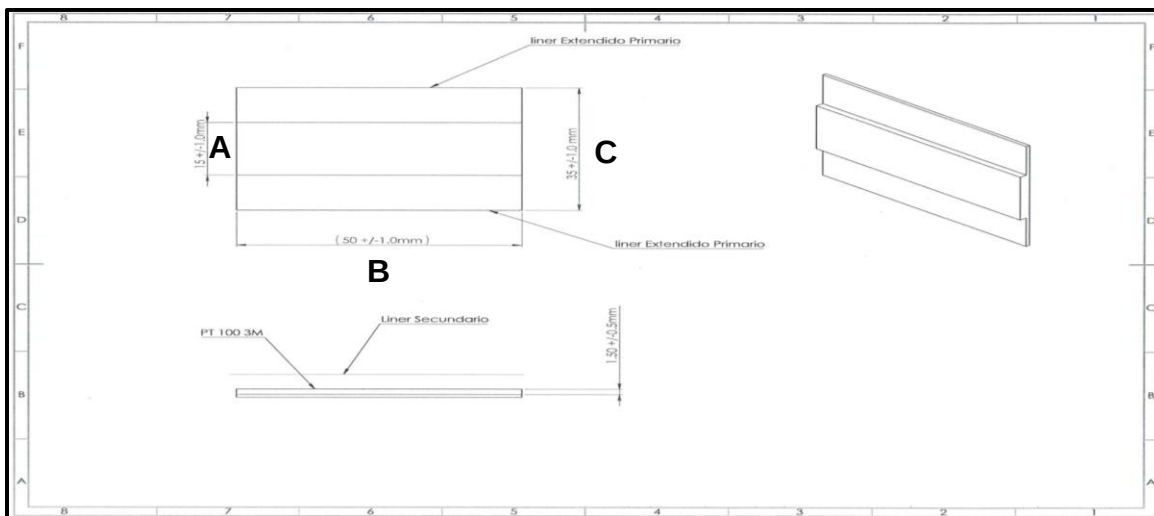


Ilustración 5. Plano dimensional del n° parte SQM-02007 de la familia de BUTILO. Fuente: *Elaboración propia.*

A	15mm +/- 1mm
B	50mm +/- 1mm
C	35mm +/- 1mm

Tabla 3. Cotas del plano dimensional del SQM-02007. Fuente: *Elaboración propia.*

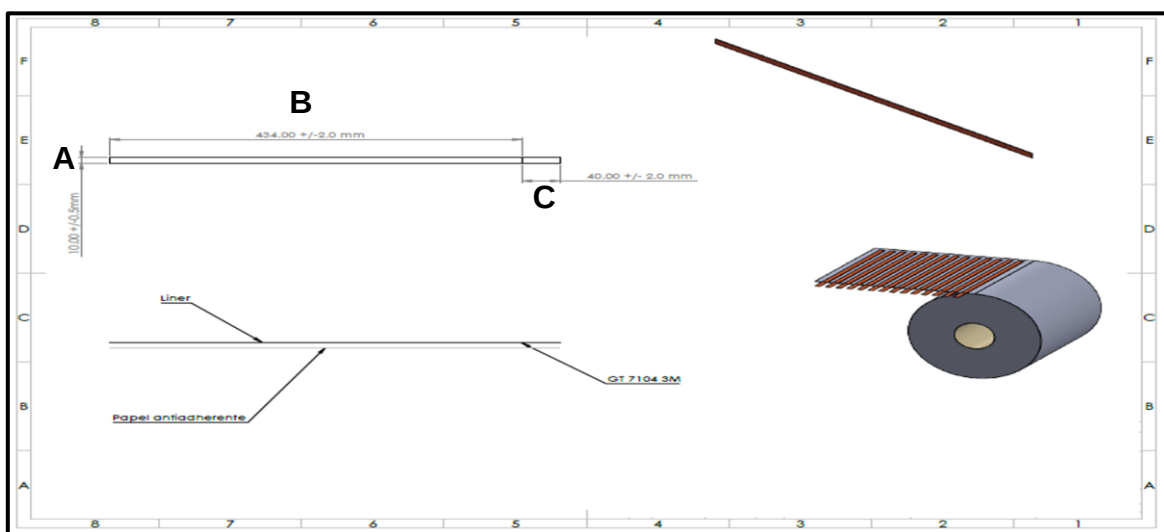


Ilustración 6. Plano dimensional del n° parte SQM-01046 de la familia de Die-Cuts manuales. Fuente: *Elaboración propia*

A	10mm +/- 0.5mm
B	434mm +/- 2mm
C	40mm +/- 2mm

Tabla 4. Cotas del plano dimensional del SQM-01046. Fuente: *Elaboración propia.*

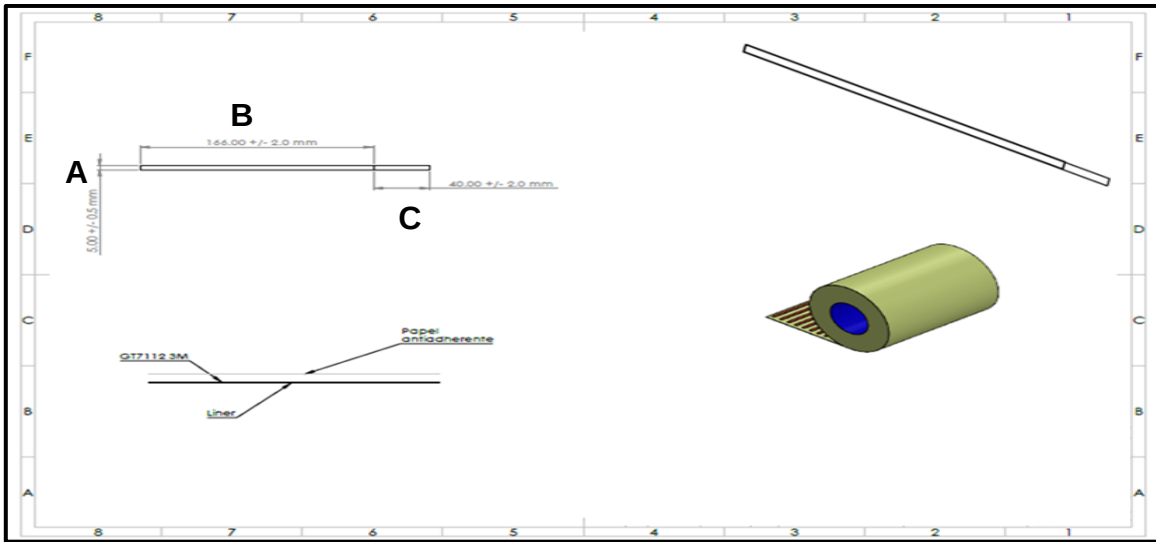


Ilustración 7. Plano dimensional del n° parte SQM-01050 de la familia de Die-Cuts manuales.

Fuente: Elaboración propia.

A	5mm +/- 0.5mm
B	166mm +/- 2mm
C	40mm +/- 2mm

Tabla 5. Cotas del plano dimensional del SQM-01050. *Fuente: Elaboración propia.*

La revisión de planos sirvió para ver las características dimensionales de los números de parte a evaluar y así poder saber las tolerancias de medida para la posterior obtención de datos, además de tener una idea de cuáles serían los rangos de medida que se obtendrían de la toma de datos por parte de los operadores; cabe mencionar que por confidencialidad se tuvo que cubrir el recuadro de la parte inferior derecha de los planos ya que es información reservada.

4.5.2 Etapa 2. Establecer métodos de medición para cada una de las familias de adhesivos elaborados en Soluciones Químicas MESAL.

4.5.2.1 Método de medición para Die-Cut's.

Como parte del estudio las piezas fueron seleccionadas de manera aleatoria por los líderes del área de converter y el área de maquila verificando que estas sean adecuadas para poder ser medidas por los calibradores con los que la empresa cuenta. Se tomaron dos piezas por arriba de la especificación superior y dos piezas por debajo de la especificación inferior; todo con la intención de saber cuántas categorías distintas es capaz de medir el calibrador en cuestión de estudio. La toma de piezas fuera de especificación tanto superior e inferior se llevó a cabo para todos los números de parte que fueron a tomados en cuenta en la realización del análisis r&R.

4.5.2.2 Instrumentos de medición.

Se realizó una tabla para tener contabilizados los instrumentos de medición que se tomarán en cuenta para la realización del estudio. En la tabla 6 vienen las áreas en donde se utilizan los instrumentos de medición, su clasificación y la cantidad de instrumentos con los que cuenta el área. Se tiene un total de 12 calibradores de medición en la organización, pero solo se les realizó el estudio a 9 de ellos todo esto porque 3 no interactúan con el proceso. Los calibradores a los que no se les realizó el estudio fueron:

- SQM-CAL01
- SQM-CAL08
- SQM-CAL015

El calibrador SQM-CAL01 ya no interactúa en el proceso debido a que ya está fuera de las fechas de calibración y tuvo que ser sacado de operación para su calibración y mantenimiento, el calibrador SQM-CAL08 solo es para cuestiones de mantenimiento y no es utilizado por los operadores por lo tanto no entra dentro del estudio y el calibrador SQM-015 no se encuentra en la planta, este está en las oficinas centrales y es utilizado por el equipo de ventas para pruebas de campo en

cuanto a nuevos proyecto o clientes se refiere. Estos equipos están marcados con color rojo en la tabla 7.

			
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A EVALUAR.			
Instrumento	Ubicación	Clasificación	Cantidad
Calibradores Vernier	Maquila	Variable	3
	Converter	Variable	3
	Calidad	Variable	3
			9

Tabla 6. Conteo de instrumentos a ser evaluados. *Fuente: Elaboración propia.*

				
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN				
Fecha de actualización 02/12/2020				
Equipo	Codificación	Ubicación	Características	Responsable
Vernier	SQM-CAL02	Producción Converter	Marca Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.005	Líder de Converter
Vernier	SQM-CAL06	Producción Converter	Marca Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.005	
Vernier	SQM-CAL09	Producción Converter	Marca Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.005	
Vernier	SQM-CAL01	Producción Maquila	Marca Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.004	Líder de Maquila
Vernier	SQM-CAL10	Producción Maquila	Marca Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.005	
Vernier	SQM-CAL19	Producción Maquila	Marca Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.005	
Vernier	SQM-CAL21	Producción Maquila	Marca Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.006	
Vernier	SQM-CAL20	Producción Maquila	Marca Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.005	
Vernier	SQM-CAL17	Calidad	Marca Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.005	Líder de calidad
Vernier	SQM-CAL18	Calidad	Marca Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.005	
Vernier	SQM-CAL08	Producción Maquila	Fabricante Insize , unidades de medida In. Modelo: 1114-150A Resolución: 0.0005	Líder de mantenimiento
Vernier	SQM-CAL015	Ventas	Marca Mitutoyo unidades de medida In Modelo: 500-196-30 Resolución: 0.006	Planta Pirineos
Nota: El responsable de cada uno de los equipos anteriormente mencionados deberá asegurar el buen uso y cuidado de los mismo, ademas que será su responsabilidad resguardarlos si lo considera necesario, en caso de que alguno llegara a ser extraviado deberá reponerlo junto con su equipo de trabajo.				
Nombre y Firma Líder De Converter	Nombre y Firma Líder De Maquila	Nombre y Firma Líder De Calidad	Nombre y Firma líder De Mantenimiento	Nombre y Firma Almacenista/Montacarguista

Tabla 7. Calibradores activos en Soluciones Químicas MESAL. *Fuente: Elaboración propia.*

4.5.3 Etapa 3. Realización de análisis de repetibilidad y reproducibilidad para producción maquila.

Los estudios de medición R&R (Repetibilidad y Reproducibilidad) investigan la variabilidad producida por el propio sistema o dispositivo de medición (repetibilidad) y la producida por las diferencias entre los operadores (reproducibilidad). El análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad en el área de maquila se llevó a cabo en el lugar de trabajo de los operadores para que sea lo más cercano a la realidad posible sin alterar sus horarios de trabajo, condiciones físicas del área de trabajo, así como el clima en el llevan a cabo sus actividades. Este estudio se realizó por variables y no por atributos.

Una vez que ya se conocen los procesos, instrumentos de medición, recursos y condiciones de la empresa, se da inicio a los estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad teniendo siempre presente los siguientes puntos:

1. Preparar las piezas muestra que van a ser evaluadas guardando en todo momento de manera confidencial su identidad. Para esto se dará uso de la caja de cartón proporcionada que nos permitirá disponer de las piezas cuando se necesite realizar el estudio.



Ilustración 8. Piezas del N° de parte SQM-01046 Die-Cut manual. *Fuente: Elaboración propia.*

2. Informar a los líderes del área de maquila y converter sobre la realización del estudio, indicando quienes van a ser los operadores e inspectores a evaluar en el tiempo permitido por el líder del área y así poder coordinar con el líder el momento más apropiado para que cada uno de los operadores realice las mediciones requeridas sin que se vea afectado el proceso productivo de la línea de producción o con los requerimientos productivos diarios establecidos.
3. Conformar grupos de tres operadores, estos grupos son creados por el líder del área de Maquila y Converter teniendo presente que cada una de las participantes del grupo pertenece al mismo proceso y que cuenta con el conocimiento para el manejo adecuado del instrumento de medición.
4. Una vez que el líder del área de Maquila y Converter establece el grupo de los operadores e inspectores a las que se les realizará el estudio se prosigue a ir a su línea de trabajo junto con las piezas a medir para la realización del estudio en un tiempo no mayor a 15 minutos.
5. Verificar que el instrumento de medición correspondiente al estudio este calibrado y en buen estado para su funcionamiento, para poder darnos cuenta de que el instrumento esta calibrado al reverso del calibrador existe una etiqueta en la que vienen los datos del calibrador, así como la fecha en que fue calibrado y la fecha de vencimiento de la calibración.

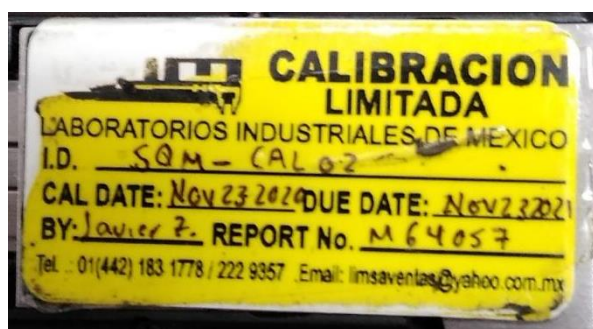


Ilustración 9. Etiqueta que muestra que el instrumento esta calibrado. *Fuente: Elaboración propia.*

6. Dar a conocer a cada participante a través de una pequeña inducción, la importancia que tiene el realizar buenas mediciones, el objetivo de la realización del estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad, los posibles

resultados que se pueden llegar a tener y el plan de acción a seguir en los diferentes casos que llegaran a suceder.

7. Se le proporciona al primer operador el instrumento de medición previamente identificado y anotado en la hoja de recolección de datos (este instrumento de medición será para las tres integrantes del grupo).
8. Realizar la medición de las diez piezas, midiendo cada una en tres intentos, obteniendo así un total de noventa mediciones por estudio. Los Die-Cuts solo se les midió el ancho del Die-Cut ya que es la variable que puede ser medida por los instrumentos de medición a los que se les realizará el estudio ya que si se quisiera medir el largo del Die-Cut se tendría que usar una regla porque el largo es superior a la capacidad de abertura del vernier.
9. El primer participante realiza la medición de las diez piezas las cuales son proporcionadas por el evaluador siguiendo la secuencia aleatoria como se muestran en las tablas 8 indicando la dimensión a medir en el caso de los Die-Cut señalando la dimensión a medir en una zona previamente delimitada. A su vez se tiene que ir registrando el valor de las mediciones obtenidas por los operadores cuidando en todo momento que el operador no se dé cuenta de las mediciones que ha obtenido anteriormente ni en que pieza se está registrando, también se debe cuidar que el operador no vea la tabla de secuencia de medición.

Secuencia de medición SQM-01046										
1er intento	6	9	1	2	5	10	4	3	7	8
2do intento	4	3	9	6	10	8	5	1	2	7
3er intento	3	2	6	8	4	10	7	5	9	1

Tabla 8. Secuencia de medición del N° de parte SQM-01046. Fuente: *Elaboración propia.*

10. Una vez que se termina la recolección de datos con el primer operador se prosigue con el segundo operador del grupo el cual debe realizar de la misma manera y con el mismo instrumento las mediciones, y se continua así hasta que el tercer operador del grupo complete los tres intentos de medición.

11. Cuando ya se terminó con la recolección de datos, el evaluador se retira de la línea de trabajo e ingresa los datos obtenidos en los estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad en la plantilla de análisis.
12. Por último, se realiza el correspondiente análisis numérico y gráfico de los datos con el apoyo de la gráfica de control **X-barra** (Promedio) y **R** (Rango) teniendo en cuenta los siguientes criterios de la tabla 6.

Porcentaje de variación	Aceptabilidad.
Más de 30% de error	El sistema de medición no es aceptable y debe ser mejorado. Se deben determinar las causas de la dispersión de resultado y se deben establecer las acciones correctivas necesarias.
Entre 10% y 30% de error	El sistema de medición es aceptable dependiendo de la aplicación, el costo del dispositivo de medición, el costo de la reparación u otros factores.
Menos de 10% de error	El sistema de medición es aceptable.

Tabla 9. Directrices AIAG para evaluar el sistema de medición con base en el porcentaje de variación (r&R total). *Fuente: ANÁLISIS DE SISTEMAS DE MEDICIÓN.*

El estudio a los inspectores de calidad del área de maquila se llevó a cabo en la mesa de GP12 en donde revisan el material antes de ser enviado al cliente o antes de que el material sea llevado al almacén de producto terminado. Las piezas utilizadas para el estudio fueron del Die-Cut SQM-01050 que son fabricados en el área de converter pero para este ejercicio se llevaron al área de maquila.

A continuación, se muestran las tablas de las mediciones obtenidas por los operadores del área de maquila y converter así como de las inspectores de calidad estas tablas están por familia de adhesivo, N° de Parte y N° de calibrador utilizado en la línea de trabajo. Solo se mostrará una toma de datos los demás se encontrarán en los Anexos D,E,F.

4.5.3.1 Recolección de medidas de Die-Cut manual SQM-01046 calibrador SQM-CAL10 (ANCHOS).



Soluciones Adhesivas

ESTUDIO R&R POR VARIABLES

REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE DISPOSITIVOS TOMA DE DATOS

No. DE PARTE Y DESCRIPCION :					No. DEL DISPOSITIVO :				
SQM-01046 Die-Cut Manual					SQM-CAL010				
CARACTERISTICA :					TIPO DE DISPOSITIVO DE MEDICIÓN:				
Die-Cut Convertido de forma manual					Vernier Digital				
INTENTOS		Operadores		Piezas		Fecha			
r = 3		j = 3		n = 10		15/12/2020			
OPERADOR	MARIANA DE LA CRUZ			JOCELIN TOMAS			ROSA MARIA		
MUESTRA	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT.	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT.	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT.
	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS
1	9.87	9.3	9.73	9.76	9.76	9.92	9.81	9.7	9.74
2	10.02	9.21	9.92	9.7	10.07	9.82	9.78	9.76	9.97
3	9.65	9.88	9.67	10.08	9.8	9.81	9.64	9.76	9.68
4	9.6	9.88	9.8	9.82	10.08	9.85	9.84	9.82	9.87
5	9.67	9.66	10.03	9.84	9.76	9.85	9.82	9.83	9.73
6	10.3	9.72	9.89	9.8	9.76	10.52	9.86	9.88	9.85
7	9.92	9.42	9.99	10.1	10.05	9.72	9.94	9.66	9.6
8	9.77	9.9	9.93	9.9	9.88	10.52	9.9	9.78	9.69
9	9.89	9.75	9.81	10.16	9.68	10.18	9.77	9.72	9.78
10	9.73	9.53	10.05	9.95	9.98	10.17	9.78	9.69	9.71

Tabla 10. Recolección de medidas de Die-Cut manual SQM-01046 calibrador SQM-CAL10 (ANCHOS). Fuente: Elaboración propia.

4.5.3.2 Recolección de medidas de Die-Cut manual SQM-01046 calibrador SQM-CAL 07 (ANCHOS).



MESAL

Soluciones Adhesivas

ESTUDIO R&D POR VARIABLES

REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE DISPOSITIVOS TOMA DE DATOS

No. DE PARTE Y DESCRIPCION :					No. DEL DISPOSITIVO :				
SQM-01046 Die-Cut Manual					SQM-CAL07				
CARACTERISTICA :					TIPO DE DISPOSITIVO DE MEDICIÓN:				
Die-Cut Convertido de forma manual					Vernier Digital				
INTENTOS		Operadores		Piezas		Fecha			
r = 3		j = 3		n = 10		21/12/2020			
OPERADOR	NORMA			ABIGAIL			JANET		
MUESTRA	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT
	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS
1	9.87	9.3	9.73	9.76	9.76	9.92	9.81	9.7	9.74
2	10.02	9.21	9.92	9.7	10.07	9.82	9.78	9.76	9.97
3	9.65	9.88	9.67	10.08	9.8	9.81	9.64	9.76	9.68
4	9.6	9.88	9.8	9.82	10.08	9.85	9.84	9.82	9.87
5	9.67	9.66	10.03	9.84	9.76	9.85	9.82	9.83	9.73
6	10.3	9.72	9.89	9.8	9.76	10.52	9.86	9.88	9.85
7	9.92	9.42	9.99	10.1	10.05	9.72	9.94	9.66	9.6
8	9.77	9.9	9.93	9.9	9.88	10.52	9.9	9.78	9.69
9	9.89	9.75	9.81	10.16	9.68	10.18	9.77	9.72	9.78
10	9.73	9.53	10.05	9.95	9.98	10.17	9.78	9.69	9.71

Tabla 11. Recolección de medidas de Die-Cut manual SQM-01046 calibrador SQM-CAL 07 (ANCHOS). Fuente: Elaboración propia.

4.5.3.3 Recolección de medidas de Die-Cut Manual SQM-01046 Calibrador SQM-CAL21 (ANCHOS).



Soluciones Adhesivas

ESTUDIO R&D POR VARIABLES

REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE DISPOSITIVOS TOMA DE DATOS

No. DE PARTE Y DESCRIPCION :				No. DEL DISPOSITIVO :					
SQM-01046 Die-Cut Manual				SQM-CAL021					
CARACTERISTICA :				TIPO DE DISPOSITIVO DE MEDICIÓN:					
Die-Cut Convertido de forma manual				Vernier Digital					
INTENTOS		Operadores		Piezas		Fecha			
r = 3		j = 3		n = 10		05/01/2021			
OPERADOR	MARIA SALUD			ABIGAIL			ISAURA ALVAREZ		
MUESTRA	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT
	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS
1	9.91	9.72	9.81	9.65	9.68	9.74	9.72	9.75	9.81
2	9.73	9.62	9.71	9.77	9.69	9.67	9.87	9.79	8.86
3	9.94	8.81	9.86	9.75	9.76	9.77	9.7	9.73	9.61
4	9.76	9.79	9.83	9.83	9.71	9.7	9.65	9.78	9.46
5	9.91	9.79	9.84	9.84	9.75	9.71	9.75	9.67	9.61
6	10.22	9.57	9.65	9.81	9.75	9.67	9.87	9.81	9.84
7	9.96	9.92	9.77	9.75	9.61	9.76	9.96	9.89	10.21
8	9.79	9.89	9.98	9.84	9.77	9.62	9.88	9.88	9.84
9	9.65	9.67	9.65	9.76	9.7	9.85	9.36	9.73	9.56
10	10.07	9.76	9.61	9.76	9.77	9.72	9.7	9.76	9.42

Tabla 12. Recolección de medidas de Die-Cut manual SQM-01046 calibrador SQM-CAL21 (ANCHOS). Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 5. Resultados obtenidos.

En este capítulo se presentan los resultados del análisis del sistema de medición por medio del estudio r&R, para lo cual las variables a analizar son los anchos. El método empleado para evaluar el sistema de medición es: el método de promedio-rangos incluyendo el método gráfico.

Si la repetibilidad es mayor a la reproducibilidad las posibles causas son: El instrumento necesita mantenimiento, el equipo requiere ser rediseñado para ser más rígido, el montaje o ubicación donde se efectúan las mediciones necesita ser mejorado y/o, existe una variabilidad excesiva entre las partes esta variabilidad existe y se está consiente de ellos debido a que desde la recolección de piezas ya estaba considerada esa variación con piezas fuera de especificación tanto superior como inferior. Como se presentó en los siguientes N° de parte:

- SQM-01050 Calibrador SQM-CAL05.
- SQM-01050 Calibrador SQM-CAL011.
- SQM-01046 Calibrador SQM-CAL10.
- SQM-01046 Calibrador SQM-CAL07.
- SQM-01046 Calibrador SQM-CAL21.
- SQM-02007 Calibrador SQM-CAL020.
- SQM-02007 Calibrador SQM-CAL19.
- SQM-02007 Calibrador SQM-CAL02.
- SQM-01050 Calibrador SQM-CAL012.

5.1.1 Análisis gráfico del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.

En el Gráfico 2 que corresponde a los componentes de la variación del estudio, se puede observar el porcentaje de contribución y el porcentaje de variación del r&R total, de la repetibilidad, reproducibilidad y parte a parte; en el grafico se observa que el componente de variación mayor está dado el factor parte- parte, esto indica que el sistema de medición es apto para los fines del proceso. Aunque se debe trabajar para tener un sistema de medición de excelencia.

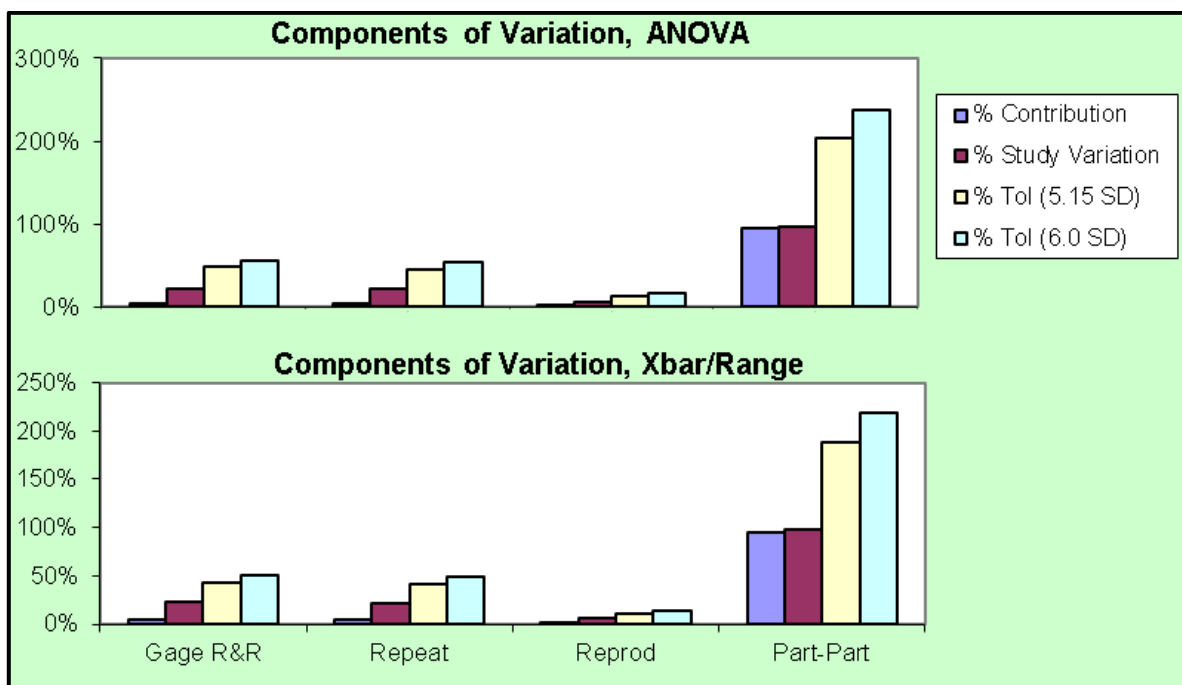


Gráfico 2. Componentes de la variación del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010. Fuente: *Elaboración propia.*

5.1.2 Carta de rangos para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.

En el Gráfico 3 se muestra la carta de rangos para los tres operadores donde cada punto graficado representa la diferencia entre las mediciones más grandes y más pequeñas de las 10 unidades evaluadas, donde se puede observar que el operador **A** presenta cinco puntos cercanos a la media, dos puntos por arriba de la media y tres puntos por debajo de la misma. Lo que indica que sus mediciones son más o menos consistentes y que llega aplicar poca fuerza al momento de realizar sus

mediciones, el operador **B** tiene puntos muy pegados a los límites tanto superior como inferior lo cual no es bueno ya que representa un riesgo alto de rechazar material que pueda estar dentro de especificación, algo similar ocurre con el operador **C**, aunque él sus puntos están casi todos en el límite inferior y tiene un punto muy fuera del límite superior de especificación.

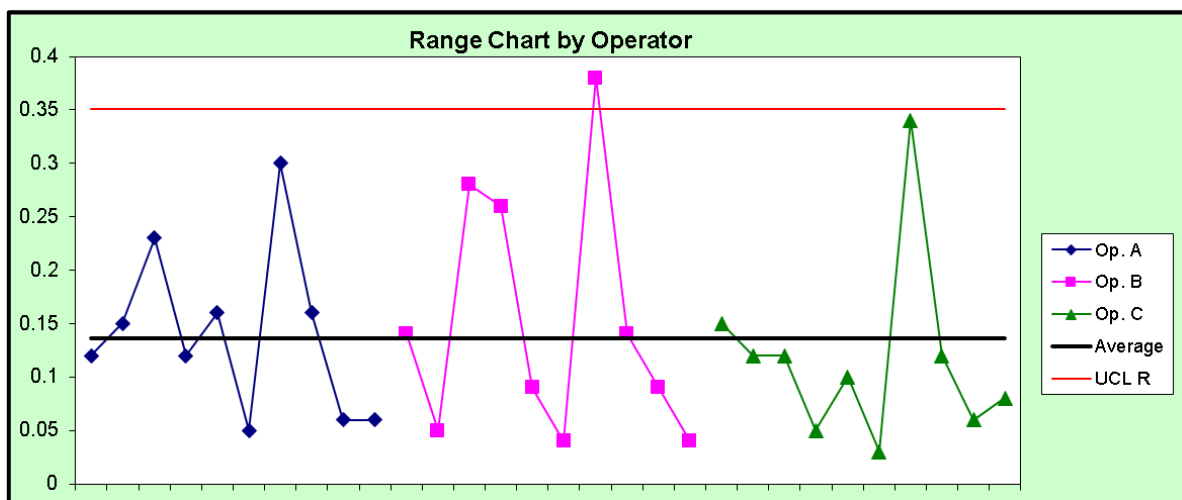


Gráfico 3. Carta de rangos para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Carta de X-barra r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.

La grafica X-barra permite comparar la variación parte a parte con el componente de repetibilidad por lo que los puntos graficados representan, por cada operador, la medición promedio de cada parte medida, dicha carta se muestra en el grafico 4 donde se puede observar que cada una de los operadores tiene cuatro puntos fuera de especificación que son las piezas que se seleccionaron fuera de especificación dos de ellas arriba del límite de tolerancia (pieza 1 y 2) y dos de ellas por debajo del mismo (piezas 9 y 10).

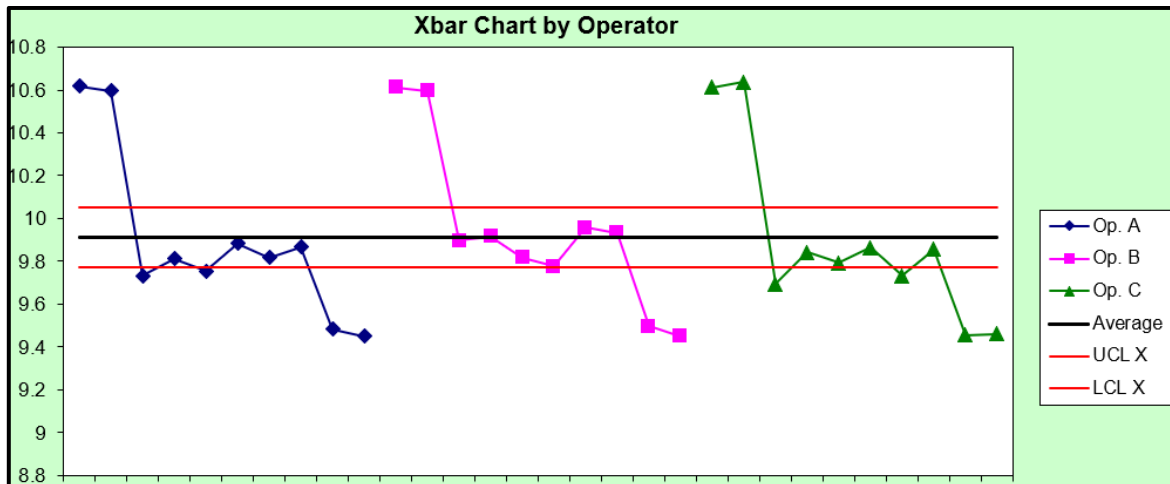


Gráfico 4. Carta de X-barra r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010. Fuente: *Elaboración propia.*

5.1.4 Carta de mediciones por unidad evaluada del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.

Es por eso que el gráfico 5 las mediciones por unidad evaluada que representa todas las mediciones del estudio organizadas por parte, es decir de las 10 unidades y lo ideal es que la línea de cada parte este lo más plana posible, y que los puntos que representan los promedios varíen lo suficiente para que las diferencias entre las partes sean claras; se puede observar que ambas situaciones no se pueden cumplir en el gráfico. Esto es debido a que como se mencionó anteriormente se seleccionaron 4 piezas fuera de especificación (piezas 1,2,9,10) como como se ve en el grafico están arriba y debajo de las demás piezas. Además, las piezas que están dentro de especificación algunas están por arriba y otras por debajo del promedio en general.

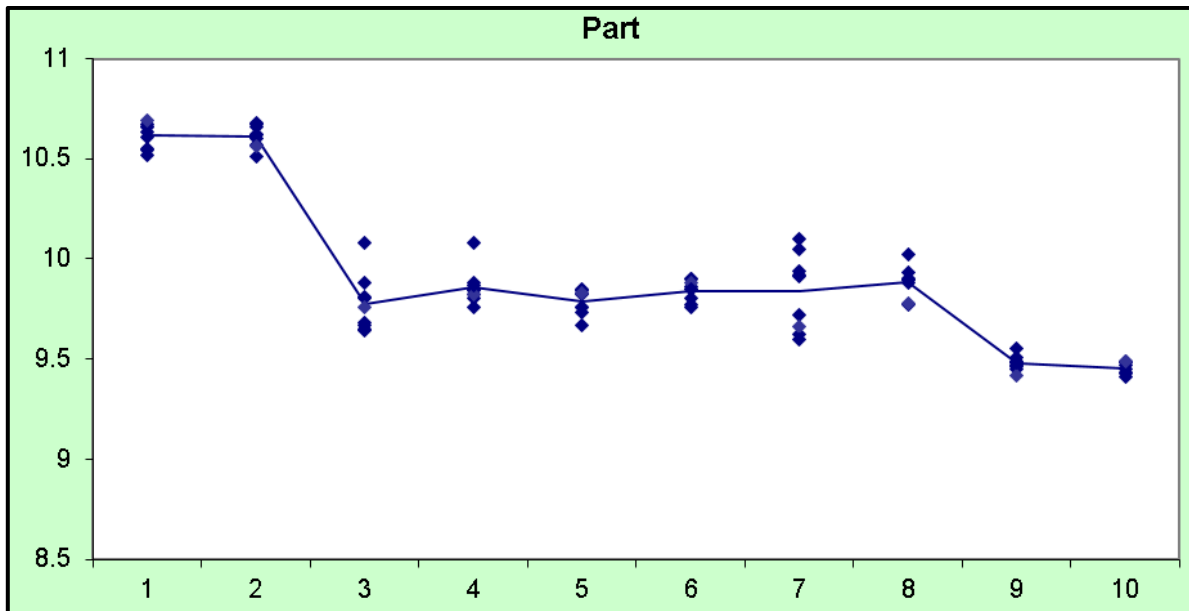


Gráfico 5. Carta de mediciones por unidad evaluada del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010. *Fuente: Elaboración propia.*

5.1.5 Carta Mediciones por operador del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.

En el Gráfico 6 que representa las medidas por operador se muestran todas las mediciones del estudio organizadas por operador, estos datos están representados con una línea; se puede observar que esta línea no es paralela al eje X, lo cual es un indicativo de que los operadores no están midiendo las partes de forma similar, aunque se ve una clara separación de mediciones esto es a causa de las piezas fuera de especificación lo cual corresponde a un porcentaje de parte a parte. Siendo el operador **B** la que más se acerca al promedio en sus mediciones.

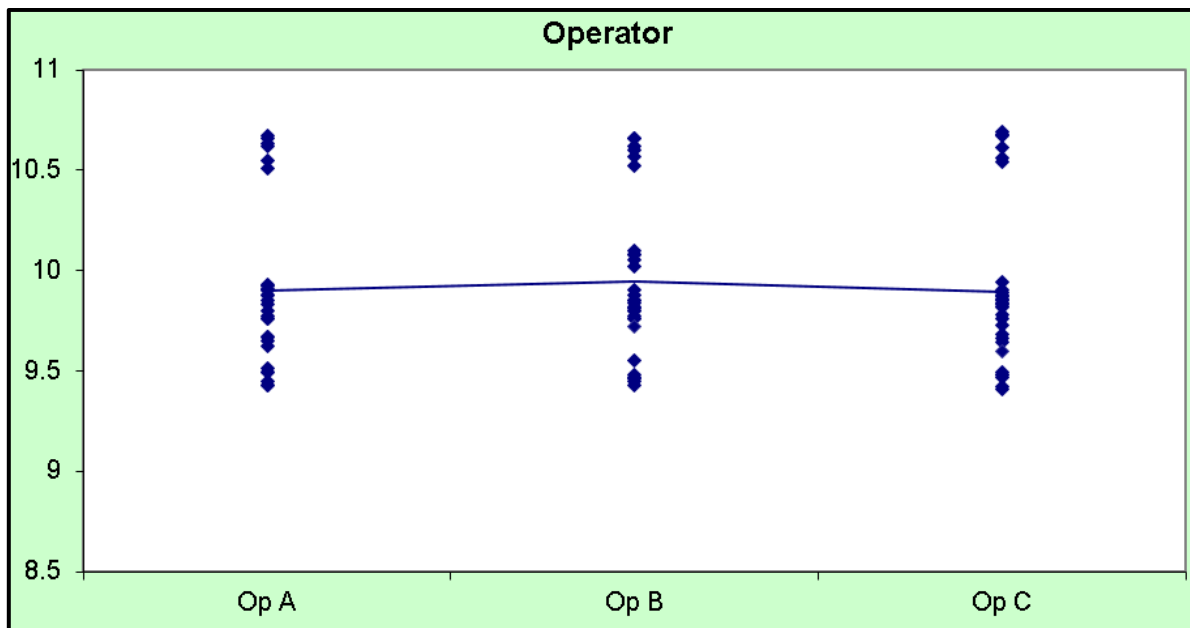


Gráfico 6. Carta mediciones por operador del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010 Fuente: *Elaboración propia.*

5.1.6 Carta de mediciones promedio por operador para cada unidad evaluada del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010.

Por último por parte del análisis gráfico del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010 el gráfico 7 representa las interacciones entre pieza y operador mostrando las mediciones promedio por cada operador para cada parte, donde el comportamiento esperado es que las tres líneas sean lo más idénticas posible y que los promedios de las partes varíen lo suficiente de modo que las diferencias entre las partes sean claras; se observa que las líneas no son paralelas en las piezas lo que nos indica que la habilidad del operador fue muy diferente casi todas las piezas medidas lo que no es un indicativo bueno. Lo cual indicó que la habilidad de un operador para medir una parte depende de cual parte esté midiendo, lo que representa la interacción ente operador y parte.

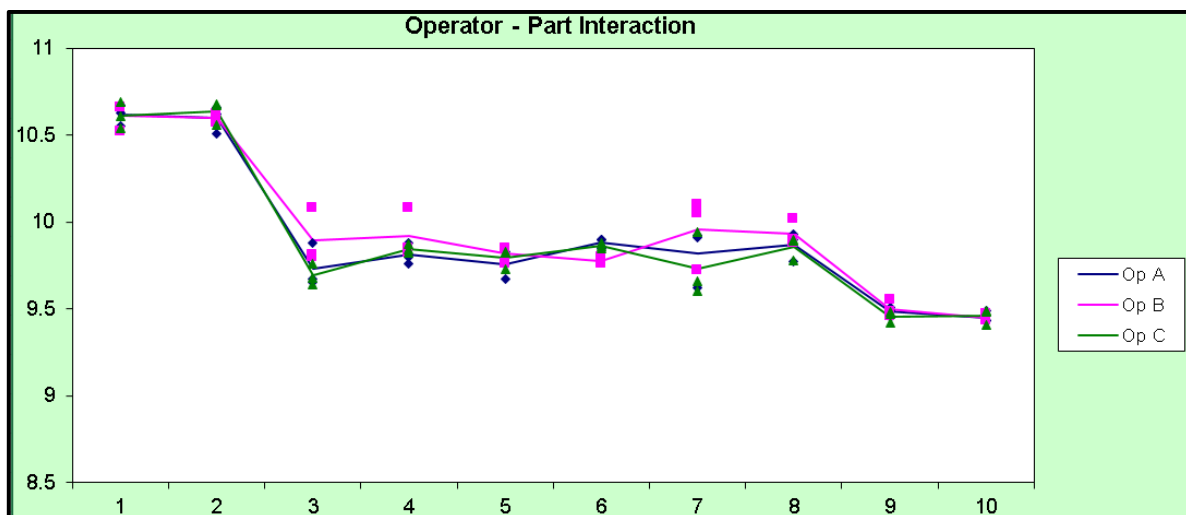


Gráfico 7. Carta de mediciones promedio por operador para cada unidad evaluada del estudio r&R para el Die-Cut manual SQM-01046 con el calibrador SQM-CAL010. *Fuente: Elaboración propia.*

Capítulo 6. Discusión.

6.1 Análisis de resultados.

Con los resultados obtenidos en Soluciones Químicas MESAL a partir del sistema de medición, se determinó que este es adecuado respecto a los procesos que se llevan a cabo en las diferentes áreas de trabajo, como lo son el acondicionamiento e inspección del producto terminado. Pero debe mejorarse si se quiere un sistema de excelencia como lo demanda la industria automotriz a nivel mundial; esto no es más que la actualización de equipos de medición como lo son los calibradores que cuentan con una válvula de presión.

En este estudio tenemos un **21.484%** de Repetibilidad (EV) lo que nos indica este porcentaje es que la variabilidad que existe en el sistema de medición es causada por el dispositivo, la variación que existe por parte de las operadoras en el sistema de medición es del **5.818%** de Reproducibilidad (AV); como parte de la variación combinada estimada de Repetibilidad y Reproducibilidad (GRR) tenemos un **22.258%** que está dentro del rango de aceptación del sistema de medición (entre 10% y 30%) establecido por la AIAG, por lo que es aceptable pero se debe trabajar en ello para lograr que este en un porcentaje menor del 10%.

Sin embargo, se llega a la conclusión de que al trabajar con este tipo de materiales (adhesivos y blandos) y para tener una medición lo más optima posible depende no solo de los equipos de medición sino también de un buen programa de capacitación y reclutamiento esto se explica más en las recomendaciones.

Dentro del apartado que al departamento de calidad le concierne no se tienen con problemas de producto no conforme; ya que se encuentran dentro de sus límites permisibles, pero, siempre se puede mejorar y estas mejoras impactarían de manera positiva a la organización.

6.1.1 Revisión de historial de tiempo de inspección antes y después del proyecto del área de maquila.

A continuación, se presenta el historial de tiempo de inspección del área de maquila donde los meses de noviembre y diciembre del año 2020 son los meses en donde no había un método estandarizado de medición, en los meses de enero y febrero del 2021 se redujo el tiempo de inspección gracias a que fue donde se comenzó a realizar mediciones con el método propuesto en este proyecto. Como se puede observar en las tablas 14 y 15 el mes con mayor eficiencia fue el mes de enero.

Tiempos de inspección del área de maquila				
N° de parte	nov-20	dic-20	ene-21	feb-21
SQM-01046	527	512	482	493
SQM-02007	527	512	482	493
Min Promedio	527	512	482	493

Tabla 14. Tiempos de inspección en el área de maquila. *Fuente: Elaboración propia.*

Tiempos promedio de inspección del área de maquila				
Mes	nov-20	dic-20	ene-21	feb-21
Min Totales	527	512	482	493

Tabla 15. Tiempos promedio de inspección en el área de maquila. *Fuente: Elaboración propia.*

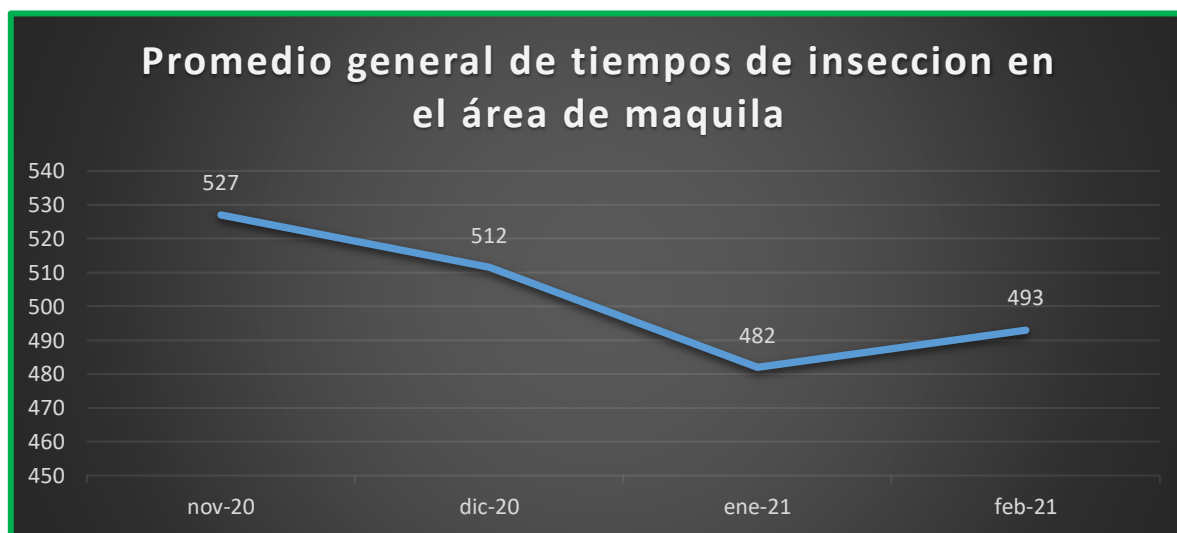


Gráfico 8. Tiempos promedio de inspección en el área de maquila. *Fuente: Elaboración propia.*

6.1.2 Revisión del historial de tiempo de inspección antes y después del proyecto del área de Converter.

A continuación, se presenta el historial de tiempo de inspección del área de Converter donde los meses de noviembre y diciembre del año 2020 son los meses en donde no había un método estandarizado de medición, en los meses de enero y febrero del 2021 se redujo el tiempo de inspección gracias a que fue donde se comenzó a realizar mediciones con el método propuesto en este proyecto. Como se puede observar en las tablas 16 y 17 el mes con mayor eficiencia fue el mes de enero.

Tiempos de inspección del área de converter.					
N° de parte.	nov-20.	dic-20.	ene-21.	feb-21.	Promedio general.
SQM-01050.	399	366	321	270	339
Promedio General.	399	366	321	270	339

Tabla 16. Tiempos de inspección del área de converter. *Fuente: Elaboración propia.*

Tiempos promedio de inspección del área de converter.				
Mes.	nov-20.	dic-20.	ene-21.	feb-21.
Promedio General.	399	366	321	270

Tabla 17. Tiempos promedio de inspección del área de converter. *Fuente: Elaboración propia.*

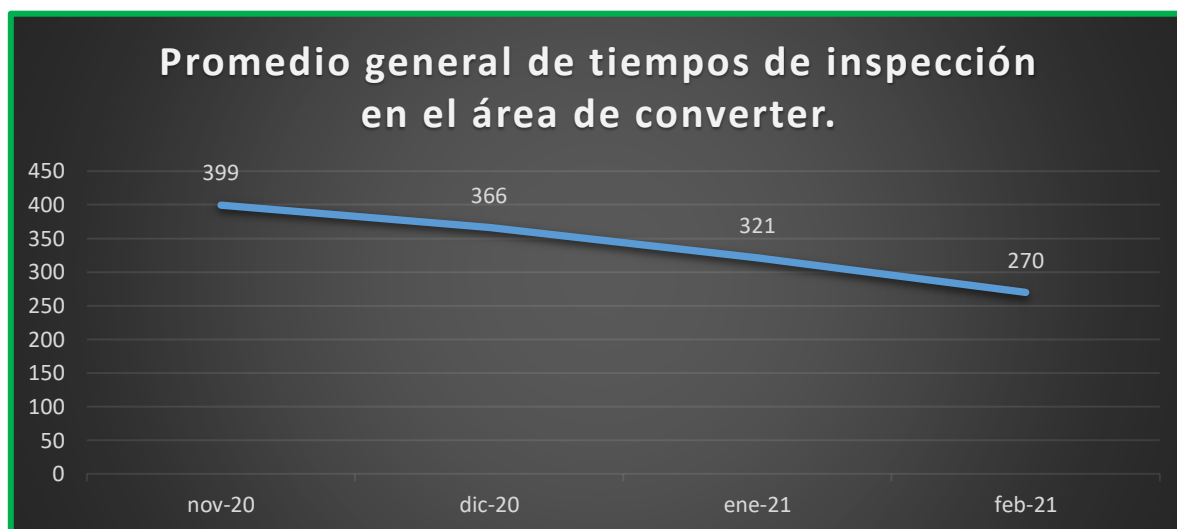


Gráfico 9. Promedio general de tiempos de inspección en el área de converter. *Fuente: Elaboración propia.*

6.2 Conclusiones.

Este proyecto presentó un análisis para calibradores activos dentro del sistema de medición en Soluciones Químicas MESAL, a través de observaciones directas del proceso productivo y la información brindada por los operadores de producción, así como por medio de recopilación y análisis de datos. Se logró identificar el nivel de desempeño del sistema de medición, el cual, de acuerdo a los resultados mostrados en la sección anterior, se evalúa como aceptable con áreas mejora, lo cual, valida la hipótesis de esta investigación, ya que la empresa garantiza el nivel de calidad en sus productos para con sus clientes.

Por lo tanto, los factores con influencia en la variabilidad del proceso demuestran que el comportamiento de la producción dependió de las condiciones del instrumento de medición, así como de los operadores en turno y los métodos empleados por cada uno de ellos ya que el personal con menos tiempo en la empresa presento una mayor deficiencia en sus mediciones.

Con la realización de los estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad se identificaron fallas en el sistema de medición que ubicaron al 7% de los estudios en un nivel no aceptable y un 80% de los estudios en un nivel aceptable con reservas, es decir sujetos mejoras y un 13% con un grado de excelencia.

El instrumento de medición no es el adecuado debido a que en la empresa es usado para mediciones de material blando y existe personal que emplea mucha fuerza al momento de tomar mediciones o por el contrario menor fuerza, en los estudios se vio plasmado en la repetibilidad puesto que el personal no era constante en sus mediciones.

6.3 Recomendaciones.

Durante el desarrollo del proyecto, existen ciertas acciones que no pudieron ponerse en marcha debido a que requerían un periodo de tiempo mayor para poder desarrollarse; por lo que se establecieron como recomendaciones las cuales representan áreas de mejora que permitirán el desarrollo de proyectos futuros.

Es importante llevar a cabo la estandarización del método de medición de masa de inspección a través de la balanza analítica para reducir la influencia del factor humano en los resultados de medición de masa. En dicho proceso deberán estar involucrados los operadores y los analistas de control de calidad, así como el instrumento de medición y las condiciones del área.

Una vez estandarizado el método, es importante elaborar el procedimiento correspondiente y brindar capacitación al personal.

Se recomienda establecer programas de capacitación en el uso adecuado del instrumento de medición Calibrador Vernier Digital para los procesos que se llevan a cabo en la empresa ya que este instrumento es el que se usa en casi todos los procesos y por lo tanto debe generar menor variación a la hora de ser empleado.

Otro punto importante, que representa un área de mejora para la empresa es la capacitación del personal en relación al uso de herramientas de calidad para que puedan dar continuidad al proyecto y monitorear la masa de inspección y otras características de calidad, todo esto implica que desde un inicio al personal de nuevo ingreso se les dé una capacitación exhaustiva ya que desde un inicio debe quedar claro la importancia que tienen cada uno de los productos que se trabajan en el lugar.

X. Referencias.

- Alfonso Elizalde, L. L., Nariño Roa, P. A., & Rodríguez Álvarez, M. F. (2018). Repetibilidad y reproducibilidad de las medidas del espesor y curvatura corneal obtenidas mediante el Oculus Pentacam. *Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 12(1), 11. <https://doi.org/10.19052/sv.2801>
- Algarín, C. A. S. (s. f.). (2019) Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad del método ISO 9622 para la determinación del contenido de grasa en leche cruda en un interlaboratorio, bajo los lineamientos de la norma NTC 3529-2. 34-50 <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/2233>
- Barragan, E. R. (s. f.). (2017) Analisis del sistema de medición mediante estudio de repetibilidad y reproducibilidad en schott envases farmacéuticos sas. 26-33 <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6255/TESIS%20GONZALO%20SANCHEZ%2020180104.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brenes Ortega, L., Santamaría Arrieta, G., Fernández-González, F. J., Martín Blanco, N., Vega Álvarez, J. A., Solaberrieta, E., Bellanco de la Pinta, I., & Brizuela Velasco, A. (2016). Análisis Comparativo de la Repetibilidad y Reproducibilidad de Dos Métodos de Medición de la Dimensión Vertical en Rehabilitación Oral: Una Revisión Sistemática. *International journal of odontostomatology*, 10(1), 55-62. <https://doi.org/10.4067/S0718-381X2016000100010>
- Garzón Forero, L. (Ed.). (2015). Cultivando conocimiento: Estrategia de acercamiento a la investigación. *Universidad de La Salle. Ediciones Unisalle*. <https://doi.org/10.19052/9789588844718>
- Hernández^a, N. H., Gómez^a, H. R., & González^a, J. G. (2017). Metodología para determinar la eficiencia de inspección aplicando el método de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) de Seis Sigma: Caso Cerámicos. 24-27. <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=T%2FBDERr%2Bfqk%3D>
- Nolasco, J. J. P. (2018). Determinación de la Variación en pruebas de la Norma Americana FMVSS 116 por estudios R&R bajo MSA. *Ingeniería química* 132-140.

<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1062&context=libros#page=361>

- Paisan, Y. P., & Moret, J. P. (2017). La repetibilidad y reproducibilidad en el aseguramiento de la calidad de los procesos de medición. *International journal of odontostomatology* 2, 54-62.
<http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2880>
- Perez, I. K. M. (s. f.) (2019). Estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad. *Ingeniería química*. 75-77.
https://nanopdf.com/queue/estudiosrampr_pdf?queue_id=1&x=1632433008&z=MTM4LjE4Ni42NC43NA==
- Pérez, J. A. S., García, L. O. R., Guzmán, M. T. V., & Rojas, S. V. (2019). Herramientas de core tools para implementar mejoras en la línea de producción. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 41(133), 13.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/5692>
- Saravia, C. R. M. (s. f.). (2020) Comparación entre los métodos de evaluación de incertidumbre y estudios de repetibilidad y reproducibilidad para la evaluación de las mediciones. 191-195 <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3922/>

XI. Anexos.

				ESTUDIO R&D POR VARIABLES					
REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE DISPOSITIVOS TOMA DE DATOS									
No. DE PARTE Y DESCRIPCION :				No. DEL DISPOSITIVO :					
CARACTERISTICA :				TIPO DE DISPOSITIVO DE MEDICIÓN:					
INTENTOS	Operadores			Piezas		Fecha		Semana	
r =	j =			n =					
OPERADOR									
MUESTRA	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT.	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT.	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT.
	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

ANEXO A. Tabla de recolección de medidas de Die-Cuts. Fuente: Elaboración propia.

Nombre: _____ Fecha: _____
Calificación: _____

1.- Sabes encender y apagar el Vernier

No ()
Si ()

2.- Sabes cómo tomar una dimensión (medida)

No ()
Si ()

3.- Sabes en que parte del Vernier se leen los parámetros

No ()
Si ()

4. Sabes que equipo se requiere para proteger el Vernier

No ()
Si ()

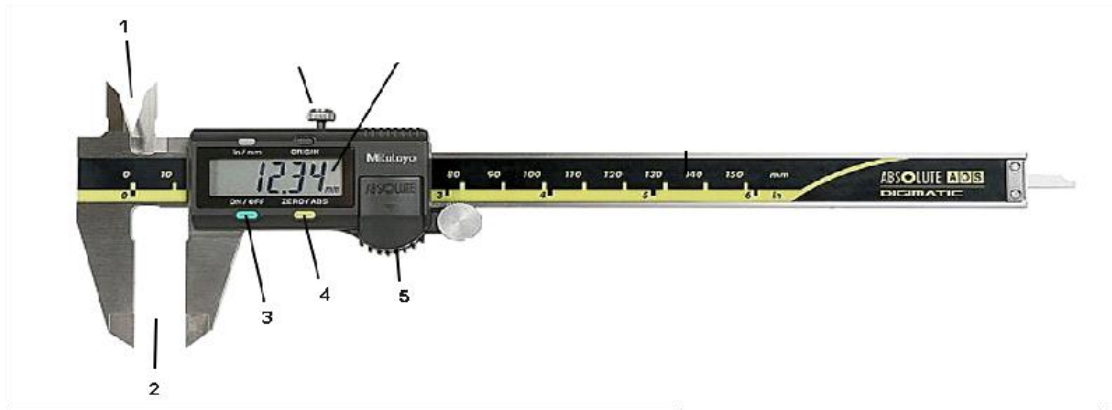
5.- ¿Cuáles son los tipos de mediciones que se pueden realizar con el vernier?

- a) Exteriores, Interiores, Pulgadas
- b) Redondez, Centricidad, Exterior
- c) Exteriores, Interiores, Profundidad

ANEXO B. Primera parte de la evaluación diagnostica. *Fuente: Elaboración propia.*

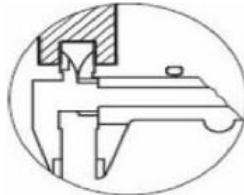
7-14.- Relaciona colocando el número correspondiente:

- | | | |
|--|--|--|
|  Caja parte móvil y ubicación de la pila |  Botón de Encendido/Apagado |  Pantalla |
|  Superficies para mediciones Externas |  Botón de vuelta a cero y ABS | |
|  Tornillo de bloqueo |  Superficies para mediciones Internas | |

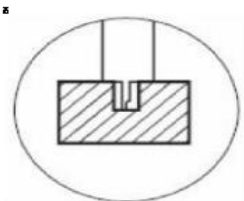


15-18.- Relaciona con una línea

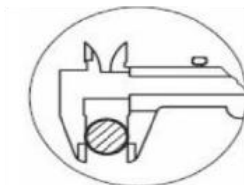
Medición de Exteriores



Medición de Interiores



Medición de Profundidad



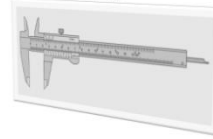
ANEXO C. Segunda parte de la evaluación diagnostica. *Fuente: Elaboración propia.*

Método de medición con Vernier Digital.

Noviembre 2019

Tipos de vernier.

Vernier análogo.

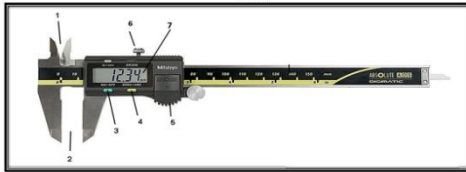


Vernier digital.



Partes del vernier.

- | | |
|--|---|
| 1 Superficies para mediciones internas | 4 Botón de vuelta a cero y ABS |
| 2 Superficies para mediciones externas | 5 Caja parte móvil y ubicación de la pila |
| 3 Botón de Encendido/Apagado | 6 Tornillo de bloqueo |
| | 7 Pantalla |



Limpeza de las mordazas para medidas exteriores.

Antes de realizar una medición con el vernier, es necesario limpiar las partes de apoyo de la pinza abriendo la pinza y colocando una hoja de papel entre estas, cerrar las pinzas y jalar la hoja. Si al cerrar las pinzas del vernier notamos que nos arroja alguna medida en la pantalla, será necesario poner en cero el vernier con ayuda del botón (zero) color amarillo.



Partes del vernier.

Correcto. Notamos que al cerrar las pinzas el vernier está en cero.

1.1



Mal. notamos que al cerrar las pinzas del vernier este se mantiene con alguna medida en la pantalla. Es necesario presionar el botón (zero) color amarillo.

1.2



Método de medición con vernier digital.

Mordazas de exteriores: Para realizar la medición de algún objeto con la parte interna de las mordazas, es necesario colocar bien la parte que vamos a medir contra la cara de la mordaza del vernier y deslizar suavemente la otra pinza para obtener la medida.

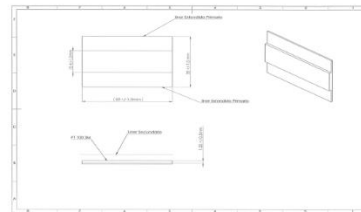


Errores comunes al momento de medir con el vernier digital.

- Limpieza de las mordazas.
- No revisar que se encuentre al cerrar en cero y resetearlo.
- No apoyar correctamente las mordazas en la superficie a medir.
- Medir exteriores con las mordazas de interiores del vernier.



Planos Dimensionales



Cuidados para el vernier.

- No golpear las partes externas como las mordazas para medidas internas.
- No doblar (doblar) la barra de profundidad.
- No dejar prendido el vernier y esperar que el solo se apague.
- No dejarlo caer o golpear cualquier parte en general.
- No intentar desarmarlo.
- Revisar que la fecha de verificación esté vigente.



ANEXO D. Capacitación al personal de la empresa. Fuente: Elaboración propia.



Soluciones Adhesivas

ESTUDIO R&R POR VARIABLES

REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE DISPOSITIVOS TOMA DE DATOS

No. DE PARTE Y DESCRIPCION :					No. DEL DISPOSITIVO :				
SQM-02007 BUTILO					SQM-CAL20				
CARACTERISTICA :					TIPO DE DISPOSITIVO DE MEDICIÓN:				
BUTILO					Vernier Digital				
INTENTOS		Operadores		Piezas		Fecha			
r = 3		j = 3		n = 10		11/01/2021			
OPERADOR	ROSA FRANCO			MARTHA			ELIZABETH HERNANDEZ		
MUESTRA	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT
	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS
1	15.62	15.4	15.47	15.15	15.65	15.52	14.5	14.95	14.96
2	15.38	15.61	15.72	16.89	15.66	15.16	14.1	14.76	14.92
3	14.61	15.07	14.86	16.9	15.92	18.3	14.45	14.93	14.9
4	15.34	15.27	15.56	15.15	15.68	17.71	14.82	15.16	14.9
5	15.3	15.92	15.65	16.19	15.87	15.61	14.43	14.84	14.79
6	15.81	15.61	15.69	15.92	15.03	15.63	14.33	14.86	14.89
7	15.33	15.59	15.66	16.11	15.35	16.21	14.25	15.14	14.87
8	15.02	15.56	15.33	16.36	15.66	16.42	14.55	14.97	15.03
9	15.21	15.33	15.02	16.19	15.04	16.77	14.3	14.76	14.87
10	14.26	15.7	15.37	15.83	16.07	16.14	14.37	14.97	15.07

ANEXO E. Recolección de medidas de BUTILO SQM-02007 calibrador SQM-CAL20 (ANCHOS).

Fuente: Elaboración propia.



ESTUDIO R&R POR VARIABLES

REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE DISPOSITIVOS TOMA DE DATOS

No. DE PARTE Y DESCRIPCION :					No. DEL DISPOSITIVO :				
SQM-02007 BUTILO					SQM-CAL19				
CARACTERISTICA :					TIPO DE DISPOSITIVO DE MEDICIÓN:				
BUTILO					Vernier Digital				
INTENTOS		Operadores		Piezas		Fecha			
r = 3		j = 3		n = 10		15/01/2021			
OPERADOR	ROSA FRANCO			MARTHA			ELIZABETH HERNANDEZ		
MUESTRA	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT
	LARGOS	LARGOS	LARGOS	LARGOS	LARGOS	LARGOS	LARGOS	LARGOS	LARGOS
1	50.5	50.34	50.38	50.43	49.71	50.42	50.17	50.25	50.26
2	50.35	50.25	50.34	50.25	49.93	50.45	50.21	50.26	50.06
3	50.46	50.35	50.31	50.25	50.3	50.31	50.11	50.06	50.02
4	50.26	50.16	50.17	50.25	50.47	50.13	50.06	50.11	49.96
5	50.2	50.12	50.19	50.13	50.22	50.12	50.12	50.19	49.94
6	50.08	50.08	50.01	50.04	50.35	50.05	50.17	50.02	50.03
7	50.15	50.02	50.04	50.19	50.08	50	49.99	50.08	50.08
8	49.95	49.95	49.98	50.3	49.87	49.99	49.93	49.72	50.05
9	50.03	49.94	49.82	49.86	49.86	49.96	49.86	49.92	50.1
10	50.01	49.96	49.95	50.1	49.9	50	49.93	49.85	50.07

ANEXO F. Recolección de medidas de BUTILO SQM-02007 calibrador SQM-CAL19 (ANCHOS).

Fuente: Elaboración propia.



Soluciones Adhesivas

ESTUDIO R&R POR VARIABLES

REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE DISPOSITIVOS TOMA DE DATOS

No. DE PARTE Y DESCRIPCION :					No. DEL DISPOSITIVO :				
SQM.01050 Die-Cut					SQM-CAL012				
CARACTERISTICA :					TIPO DE DISPOSITIVO DE MEDICIÓN:				
Die-Cut convertido en máquina Rotary					Vernier Digital				
INTENTOS		Operadores		Piezas		Fecha			
r = 3		j = 3		n = 10		20/01/2021			
OPERADOR	SANDRA DE LA CRUZ			FERNANDA RAMIREZ			ANAYELI TREJO		
MUESTRA	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT
	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS	ANCHOS
1	5.3	5.23	5.32	5.3	5.23	5.27	5.24	5.34	5.3
2	5.32	5.31	5.32	5.31	5.3	5.31	5.3	5.23	5.29
3	5.3	5.31	5.32	5.29	5.28	5.26	5.26	5.25	5.31
4	5.28	5.3	5.3	5.03	5.25	5.23	5.3	5.3	5.22
5	5.3	5.3	5.31	5.26	5.28	5.26	5.28	5.29	5.27
6	5.55	5.53	5.46	5.48	5.49	5.42	5.46	5.4	5.38
7	5.3	5.28	5.27	5.3	5.25	5.17	5.29	5.41	5.24
8	5.3	5.3	5.3	5.29	5.24	5.2	5.27	5.22	5.25
9	5.36	5.31	5.34	5.14	5.29	5.27	5.3	5.32	5.29
10	5.31	5.3	5.3	5.28	5.26	5.24	5.21	5.28	5.24

ANEXO G. Recolección de medidas de Die-Cut manual SQM-01050 calibrador SQM-CAL 012
(ANCHOS). Fuente: *Elaboración propia.*