



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Calidad y Productividad

**LA ALTURA DE APLICACIÓN DE BARNIZ Y LA ESTÁTICA DE LA PIEZA
COMO FACTORES PARA LA REDUCCIÓN DE GOTA DE BARNIZ EN LENTES.**

Opción de titulación
TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ingeniería de Calidad y Productividad

Presenta:
Ma. De Lourdes Zúñiga Olvera

Dirigido por:
MI Eric Leonardo Huerta Manzanilla

SINODALES

MI. Eric Leonardo Huerta Manzanilla
Presidente

MI. Javier García Pérez
Secretario

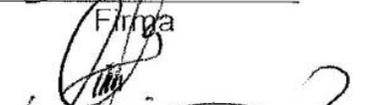
M. en C. Guillermo Hiyane Nashiro
Vocal

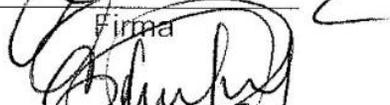
Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza
Suplente

M.B.A. Martha Martínez Martínez
Suplente

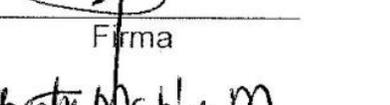
Dr. Aurelio Domínguez González
Director de la Facultad


Firma


Firma


Firma


Firma


Firma

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Diciembre de 2015

Resumen

Dentro de la industria automotriz los faros denominados head lamps se han convertido en la firma de cada marca de auto. Con el fin de mantener la apariencia brillante del faro (evitando el daño de los rayos UV) y proteger los head lamps de fracturas debidas a los impactos sobre las carreteras se realiza el proceso de barnizado. El presente estudio está enfocado en cómo reducir uno de los problemas de rechazo denominado “gota de barniz”. Este efecto de gota de barniz consiste en la acumulación del barniz, la cual no permite que el barniz tenga un espesor homogéneo. Este estudio está enfocado en el proceso de barnizado de un lente específico para un head lamp inyectado de plástico policarbonato grado AL2447. En el head lamp de estudio el método utilizado es la aplicación tipo lluvia o mejor conocido como el flowcoat el cual es aplicado a través de una cantidad determinada de tubos (como una cortina) sobre las piezas que la banda va colocando para su aplicación. El proyecto consistió en realizar un diseño óptimo de experimentos tomando en cuenta 5 factores y se realizaron 8 corridas. Se definió cada una de las 8 corridas de prueba experimentales de 1 hora mínima en el proceso para asegurar la cantidad de 100 piezas como muestra llevando al proceso en cada corrida al límite superior e inferior de los límites especificados de cada factor como se detalla más adelante en la metodología. Al término de las corridas experimentales nos fue posible comprobar que la densidad del barniz así como la altura de aplicación son los principales contribuidores para el estudio del problema de la gota en los lentes.

Palabras Claves: Barniz, altura de aplicación y diseño de experimentos.

Summary

Within the Lighting activity in the automotive industry, the head lamp has become the signature for OEM cars. In order to maintain the shining appearance (avoiding UV damage) and protecting the Head Lamps from fractures due to impacts on the road, it is a regular practice to apply varnish. In our present study, we will review how to reduce one reject issue, which is denominated “drop effect”. This “drop effect” consists on an accumulation of varnish, which does not allow for the desired homogenous thickness. We will concentrate on the varnishing process for the lens for on specific Head Lamp injected on clear polycarbonate grade AL2447. Within the plant we have three different methods for the varnish application (flow coat, spray and anti-mist), on the current Head Lamp, the method utilized is flow coating, which involves directing numerous individual streams of coating over one or multiple parts that move horizontally on a conveyor. The varnish employed is UVT 200 from Red Spot, dissolved with acetone. The current Optimized Design of Experiments involved 5 factors which on the expert’s point of view appear as the main contributors for the drop effect. These factors are: varnish density, varnish flow, ionized air, part temperature and height of varnish application. Eight trial runs were conducted with these 5 factors on two levels, in order to identify which of the said factors had the most impact (on the drop effect). Once the eight trial runs were defined, they were programmed to run the process for one hour in order to guarantee 100pcs sample, taking the process to the upper and lower limits of each factor, as is detailed in the methodology. At the end of the trials it was possible to conclude that varnish density is the first factor, and varnish height application is the second factor, both being the main contributors for the drop effect on the lens studied.

Key Words: Varnish, application height and design of experiments.

Dedicatorias

El trabajo aquí presentado es gracias al esfuerzo de todo un equipo que voluntaria ó involuntariamente formó parte del logro de este proyecto de vida. Primeramente el agradecimiento a los maestros que me acompañaron en el trayecto de esta maestría que gracias a sus enseñanzas lograron que me llevara un poquito de lo mucho que cada uno de ellos saben, a mis compañeros de grupo quienes me hicieron recordar y vivir nuevamente la maravillosa experiencia de estar en una escuela y compartir las alegrías y angustias que de una u otra manera nos llevaron a lograr esta meta. Dentro de la empresa que laboró actualmente especial agradecimiento a todo el equipo de la unidad de negocios número 1 dirigida por su gerente Antonio de la Torre quien a pesar de que esto involucraba en primer instancia el tener un costo más elevado de desecho en su área me apoyo en todo momento en conjunto con Jorge de la Roe Ingeniero del área de mantenimiento, Abelardo de Jesús técnico del proceso y a Ulises Urbina el experto del proceso de barnizado con quienes de acuerdo a su experiencia nació este proyecto, muchas gracias a todos y cada uno de ustedes.

Agradecimientos

El trabajo aquí presentado es el resultado de la paciencia y empuje proporcionados por parte de las personas más importantes que hasta este momento me han acompañado a lo largo de mi trayectoria que son mí esposo Juan Manuel Romero Estrada y los frutos que la vida me ha permitido desarrollar, mis hijos: Jonatan Abisaí Romero Zúñiga Y Juan Manuel Romero Zúñiga quienes han sido la luz de mi camino para seguir con este proyecto de Vida, gracias a ellos en especial por el apoyo en este maravilloso proyecto y a mis creadores que a pesar de no convivir con ellos diariamente forman parte integral de lo que es mi ser mis padres: Emelia Olvera Cárdenas y Pedro Zúñiga Alvarado.

Índice

Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de figuras	vii
Índice de tablas	ix
I. Introducción	1
1.1 Hipótesis	4
1.2 Objetivos	4
II. Revisión de literatura	5
II.1 Calidad sistema	10
III. Metodología	11
Paso 1.- Respuesta rápida:	13
Fase 1.1 Caracterización del problema:	13
Fase 1.2 Acciones de protección al cliente (sorteo, acciones de contención y aprendizaje del sorteo.	15
Paso 2.- Actividad de análisis	17
2.1 Identificación de la causa raíz (FTA, 5 porqués, reproducción del defecto).	17
2.2 Implementación de acciones.....	26
IV. Análisis de resultados y discusión	28
V. Conclusiones	55
Referencias bibliográficas	56

Apéndice A1	59
Apéndice A2	61
Apéndice A3	65
Apéndice A4	68
Apéndice A5	70
Apéndice A6	71

Índice de figuras

1.- Procesos anteriores a la obtención de lente barnizado Referencia: propia.	1
2.- Piezas rechazadas en barnizadora 2 por gota de barniz Referencia: Valeo 2014-2015.	2
3.- Lente de policarbonato con gotas referencia (valeo 2015).....	3
4.-Metodología PDCA-FTA Referencia: Valeo 2015	11
5.-Pasos de metodología PDCA y FTA	12
6.-Foto de pieza conforme y Pieza no Conforme Referencia: Valeo 2015.....	14
7.- Resultados del sorteo realizado	15
8.-Presentación de eficiencia de DOE.....	22
9.-Corridas a realizar en DOE optimo	23
10.-Resultados de DOE optimo de gotas de barniz	28
11.-Resultados de análisis de anova 0.....	30
12.-Residuales 0 Referencia: propia	31
13.-Resultados de análisis de anova 1 Referencia: propia	33
14.-Residuales 1 Referencia: propia	34
15.-Interacciones 0 Referencia: propia.....	35
16.-Resultados de análisis de anova 2 Referencia: propia	36
17.-Residuales 2 Referencia: propia	37
18.- Interacciones Referencia: propia.....	38
19.-Resultados de análisis de anova 3 Referencia: propia	39
20.-Residuales 3 Referencia: propia	40
21.-Interacciones Referencia: propia.....	41
22.-Poder de prueba de los factores densidad y altura Referencia: propia.....	42

23.-Anova de los factores significativos de densidad y altura Referencia: propia .	43
24.-Prueba de Bartlett a altura y densidad Referencia: propia	44
25.-Resultados de Marzo a Julio 2015 Referencia: Valeo 2014-2015.....	45
26.-Resultados de grumo. Referencia: propia	46
27.- Análisis 0 Referencia: propia.....	47
28.- Análisis 1 Referencia: propia.....	48
29.- Residuales Referencia: propia	49
30.-Análisis 2 Referencia propia.....	50
31.-Residuales.Referencia: propia	51
32.- Análisis 3. Referencia: propia.....	52
33.-Residuales.Referencia: propia	53

Índice de tablas

1.- Factores para la ocurrencia definidos para el problema de la gota.....	19
2.- Factores para la no detección definidos para el problema de la gota.	21
3.-Factores, especificaciones y método de control en línea en el desarrollo del diseño óptimo de experimentos.....	25
4.-Acciones correctivas permanentes implementadas	26

I. Introducción

La planta de Valeo Sistemas Eléctricos ubicada en el parque Industrial Querétaro dedicada a la manufactura de lámparas frontales y traseras para todo tipo de automóviles forma parte de las 123 plantas de manufactura ubicadas en 28 Países alrededor del mundo. Dentro de los principales procesos de manufactura de Valeo se encuentran los procesos de Inyección de plásticos, barnizado, metalizado y ensamble.

De acuerdo a lo documentado por Martínez, et al. 2010. A Machine Vision System for Automated Headlamp Lens Inspection. Vision Sensors and Edge Detection, Gallegos-Funes F. (Ed). Ciyo, USA., ISBN, 97, 8-953 nos confirman que hasta la fecha el control de calidad de los lentes de los faros es realizada visualmente por un operador experto, o simplemente por un inspector, que comprueba la ausencia de defectos estéticos en la superficie del lente. Él operador también decide si tiene que ser rechazada o liberada a un proceso posterior. El defecto estético puede variar de décimas de milímetro a centímetros y de acuerdo con su forma pueden ser divididos en los siguientes grupos:

- Defectos puntuales (burbujas, ampollas y puntos negros);
- Defectos lineales (hilos, rayas)
- Defectos superficiales (piel de naranja, gota de barniz).

Esquematizando los procesos que se tienen que realizar para obtener una pieza barnizada de policarbonato podemos esquematizar los procesos en el siguiente diagrama:



Figura 1.- Procesos anteriores a la obtención de lente barnizado Referencia: propia.

Uno de los defectos visuales en una pieza inyectada con policarbonato denomina lente es la gota de barniz la cual es una de las causas de rechazo en el proceso de barnizado de acuerdo a la figura 2.

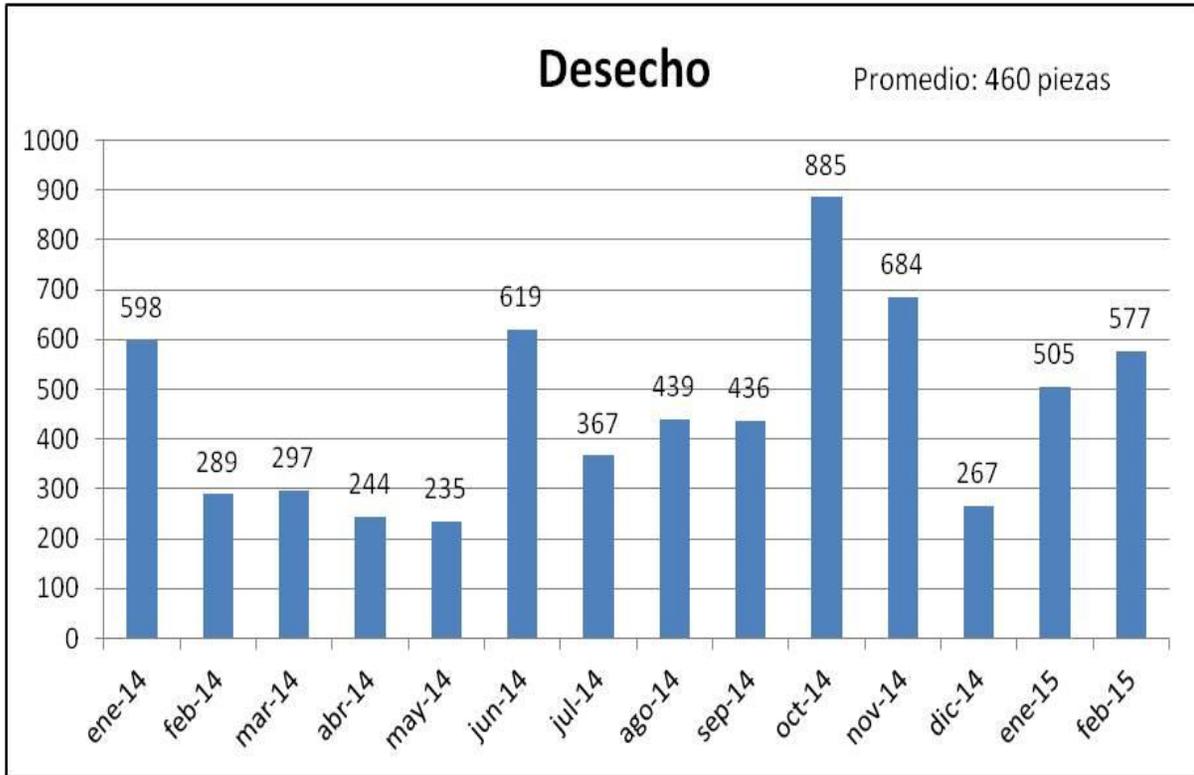


Figura 2.- Piezas rechazadas en barnizadora 2 por gota de barniz Referencia: Valeo 2014-2015.

Los expertos del proceso y la bibliografía que se tiene hasta el momento de acuerdo a Frederick (2010). Anexo 3 de I09AN03D dirigen a la densidad del barniz como el principal factor de este defecto, sin embargo aun cuando se han seguido las recomendaciones del proceso en el control de la densidad del barniz no se ha logrado disminuir la cantidad de rechazo que se tiene debido a este defecto como se muestra en la figura 2, de aquí surge la necesidad de observar y demostrar con datos que aunado al control de la densidad el barniz tenemos más factores que debemos de considerar.

El diseño óptimo de experimentos que desarrollamos en este estudio nos lleva a tener la suficiente información para llegar a conclusiones y realizar acciones correctivas con la menor cantidad de corridas lo que nos proporciona

una herramienta nueva para el análisis de los procesos actuales y como parte esencial en el desarrollo de nuevos proyectos en el desarrollo de los parámetros de proceso y reducción de material de desecho ayudando así a nuestro entorno reduciendo la cantidad de químicos utilizados y reciclando . La diferencia de un diseño tradicional de experimentos al diseño optimo aquí presentado son básicamente la cantidad de corridas realizadas, en el diseño de experimentos la cantidad mínima de corridas serian 32 y el diseño optimo solo realizamos 8 corridas.

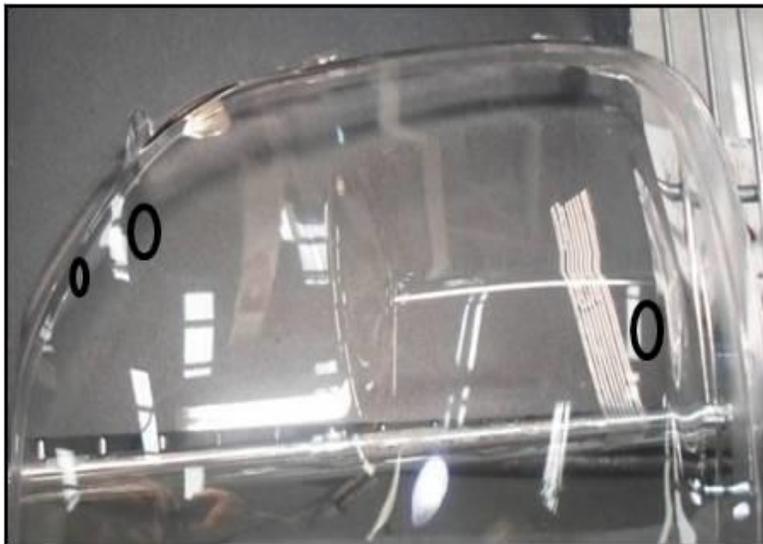


Figura 3.- Lente de policarbonato con gotas referencia (valeo 2015).

Definiendo el problema en un solo enunciado con la metodología llamada 5W 2H: Se presentan gotas de barniz en diferentes zonas del lente cara A y B que no cumplen con el requerimiento del estándar de liberación en un rango de fechas de estudio de enero a septiembre del 2014 durante los tres turnos con un promedio de 460 piezas mensuales reportado por los operadores durante la operación de inspección visual 100% en la barnizadora 2.

1.1 Hipótesis

Controlando la altura de aplicación de barniz y los factores de densidad, temperatura, aire ionizado y flujo de bombeo en el proceso de barnizado con base a un diseño óptimo de experimentos lograremos la disminución en un 40% del promedio de piezas rechazadas por el problema de gota.

1.2 Objetivos

Objetivo general

Reducir la cantidad de piezas rechazadas por gotas de barniz en un 40% (460 a 276)

Objetivos específicos

- Evaluar si la altura de aplicación del barniz en el lente es un factor significativo en la generación del defecto de gota de barniz
- Implementar las acciones correctivas derivadas del estudio para contribuir en la reducción del problema de gota de barniz en el lente.

II. Revisión de literatura

De acuerdo a Alexis Chenet (2011) antes de los años 80's los lentes de todos los automóviles eran 100% vidrio. Durante los años de 1980 – 1990 se realizó un cambio progresivo en el uso del plástico incluyéndose la fabricación de los lentes para los faros por lo que se obtuvieron los siguientes beneficios:

- Disminución en el peso: Factor 4:1
- Gravedad específica: Policarbonato $\approx 1.2 \text{ g/cm}^3$ vs. Vidrio $\approx 2.5 \text{ g/cm}^3$
- Espesor del lente: Policarbonato $\approx 2.5 \text{ mm}$ vs. Vidrio $\approx 5 \text{ mm}$
- Incremento de la resistencia al impacto
- Mayor oportunidad de estilos
- Menor costo debido al alto índice de desecho de lente de vidrio Vs. proceso de inyección de lente

Al realizar el cambio de material en la fabricación de los lentes se observan las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas del uso del policarbonato en lentes:

- Resistencia a las temperaturas (arriba de 130°C)
- Capacidad de inyección en diferentes diseños a un menor costo
- Disponibilidad del material policarbonato debido a su comercialización.

Desventajas del uso de policarbonato en lentes

- Baja resistencia a la abrasión provocando rayas (scratches)
- Insuficiente resistencia química provocando grietas (cracks)
- Baja resistencia a los rayos del sol (color amarillo y grietas).

Debido a estas desventajas se ve la necesidad de la utilización de un proceso de recubrimiento que ayudara a compensar todas las desventajas lo que llevo al proceso de barnizado, el cual en conjunto con el material del

policarbonato debemos de cubrir las necesidades funcionales del producto las cuáles son:

- Resistencia a las rayas
- Resistencia al clima
- Resistencia al uso de químicos por ejemplo el removedor de grasas.
- Aspecto claro, transparente y con una superficie suave
- Excelente adhesión
- Resistencia mecánica y termal (incluyendo choques térmicos).

Este recubrimiento de acuerdo a los requerimientos de cada cliente cambia el tipo de barniz y solvente, en nuestro estudio utilizamos el barniz tipo UV y de solvente acetona. Una de las variables clave de este material es el contenido de sólidos de un 25 a un 60 % el cual está compuesto de los siguientes materiales:

Polímero- acrílico

Monómero – acrílico

Foto iniciadores: Para iniciar la reacción de UV

Agente UV – para resistencia al clima

Agente nivelador: Proporciona una superficie lisa-suave.

Los proveedores principales de este recubriendo tipo UV son:

Red Spot / Sonneborn & Rieck (UVT 200 & UVT610).

Como podemos ver los lentes son un componente sensible por lo que su deterioro podría provocar una falta de luz, es por eso que todos los lentes de policarbonato que son usados para las lámparas frontales deben de tener una aprobación completa por parte de las autoridades dependiendo de donde se vaya a comercializar el producto las cuáles pueden ser las autoridades Europeas con la regulación EU 112 que requieren un tiempo de 3 meses aproximadamente o bien las autoridades americanas bajo la especificación de FMVSS 108 la cual incluye la prueba de envejecimiento de 3 años en Florida y Arizona.

En el proceso de Inyección de lente con policarbonato es necesario realizar el proceso de secado de pellets en donde se lleva a cabo lo siguiente:

- El PC absorbe la humedad de la atmosfera en 0.2% de su peso
- Si esta humedad no es removida antes del proceso de inyección, esto nos puede dar una gran cantidad de defectos básicamente visuales.
- Antes del proceso de inyección los pellets deben de ser secados 4 Horas a 120°C
- El contenido de humedad debe de ser menor al 0.01%

Principios para la inyección del PC en el proceso

- Fusión del material
- $280^{\circ}\text{C} < T < 320^{\circ}\text{C}$
- Temperatura a ser controlada de acuerdo al tiempo de resistencia que evite la degradación del Policarbonato.
- Inyección:
- $60^{\circ}\text{C} < T < 90^{\circ}\text{C}$, a ser monitoreado
- Tiempos ciclo típicos:
- Tiempo de Inyección : 7 "
- Tiempo de espera: 7 "
- Tiempo de enfriamiento : 30 "
- Tiempo máquina : 10 "

Debido a los movimientos de las cadenas de los polímeros, las piezas inyectadas muestran un alto nivel de cargas electrostáticas superficiales las cuales si no se eliminan pueden provocar un gran número de defectos visuales en la pieza de acuerdo con lo documentado por Frederick (2010).

Los cambios electrostáticos deben de ser removidos por aire dentro y fuera de la superficie del lente con aire cargado a una tensión de 7000 volts y una presión de aire de 4.5 bar durante 20 segundos aproximadamente.

Los faros de automóviles se someten a condiciones ambientales intensas que tienden a reducir el rendimiento general y la longevidad de las lámparas. Por ejemplo, no es raro que la superficie exterior de las lámparas se erosione durante su uso por la arenilla, arena, piedras y similares. En 1995, la Administración Nacional de Seguridad Vial permite el uso de los lentes de los faros reemplazables. Desde entonces, los lentes de la lámpara reemplazables se han comercializado en algunas aplicaciones para sustituir a las vigas de vidrio sellado convencionales. Un lente reemplazable que ha sido particularmente satisfactorio es un lente de policarbonato de acuerdo a Fraizer, R. L. (2001). U.S. Patent No. 20,010,055,215. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

La materia prima utilizada en este estudio es la resina de policarbonato de grado AL2447 la cual ha ido en aumento en los últimos años en la industria automotriz debido a sus características de reducción de peso y costos integrados en diseños novedosos y desarrollo de grados especiales para el ramo automotriz (Gestermann, et al. 2005).

Según Bayer Material Science (2008), describe en sus tablas las principales características de la resina de policarbonato de grado AL2447 con las cuales es recomendable aplicar en el proceso de inyección del lente las cuales son:

Max. Contenido de agua 0,02%

La temperatura de secado de 120 ° C

Tiempo de secado

Horno de circulación de aire de secado (50% de aire fresco) 4-12 h

Secador de aire fresco (secador de alta velocidad) 02.04 h

Secador de aire seco 03.02 h

Tratamiento

Temperatura de fusión 280-320 ° C

La temperatura del molde 80-120 ° C

Siguiendo el flujo del proceso del lente una vez inyectado tenemos el proceso de barnizado del lente aplicado a través del método de lluvia más

comúnmente conocido como Flowcoat. En el proceso de Flowcoat se utiliza el barniz de serie UVT 200 que de acuerdo a Lake, R. T. (1996). U.S. Patent No. 5,571,570. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office tiene las siguientes propiedades:

Temperatura $25 \pm 50C$ ($77 \pm 90F$)

Humedad relativa 45% - 65%

Espesor 7.17 micras (R.I. - 1.511)

Spray de aplicación, Flowcoat o Dip

Flash Aproximadamente 2 min.

Tiempo de Flash 2.3 min 5.7 min IR o térmica

70-880C Temperatura Flash (160-1900F)

Enfriamiento = 2 min.

UV Cure 30 segundos a 5000-9000 kJ / cm²

Uno de los defectos visuales en el lente es la gota (figura 3) y es una de las causas de rechazo la cual siempre ha existido en el proceso (figura 2). El proveedor del barniz, los expertos del proceso y la bibliografía que se tiene hasta el momento de este proceso de acuerdo a Frederick (2010). Anexo 3 de I09AN03D dirigen a la densidad del barniz como el principal factor de este defecto, sin embargo aun cuando se han seguido las recomendaciones del proceso en cuanto a controles de variables y densidad del barniz aún se mantiene este defecto en una proporción considerable como se muestra en la figura 2, por lo que surge la hipótesis de este proyecto de tener datos y evidencia que existen más de un factor que nos provoca este defecto de la gota de barniz.

Existen diferentes tipos de metodologías a utilizar para el análisis de los problemas, en Valeo uno de los pilares es el uso de la herramienta PDCA (plan, do, check, act) metodología desarrollada por uno de los padres de la calidad como es Deming y algunas otras herramientas utilizadas en la planta de Valeo. Para el desarrollo del diseño óptimo que realizamos utilizamos el software de r para desarrollo y análisis de los datos estadísticos debido a la facilidad de su obtención gratuita y a la mano de quien lo necesite en las herramientas digitales.

II.1 Calidad sistema

Los factores analizados dentro del proyecto fueron documentados en las siguientes herramientas de calidad:

- PFMEA: Análisis de los modos y efectos de la falla en el proceso – Apéndice A6

Se identifican las fallas potenciales del proceso (ejemplo: Parámetro fuera de tolerancia: temperatura 15°C)

Se Identifican los efectos de las fallas en el producto

Identificar como las fallas pueden ser detectadas en el proceso o en el producto

Evaluar el riesgo relacionado con la falla

- Plan de control: Donde se definirán para el sistema los controles que se implementarán.
- Instrucciones de trabajo: para cada estación se definirá de la manera más apropiada el trabajo a realizar por parte de los operadores.
- Registros de verificación de parámetros de proceso, liberación del producto y control de material no conforme.

III. Metodología

La metodología que se utilizó para la resolución del problema presentado es utilizada dentro del grupo Valeo llamada PDCA-FTA (P:Plan, D:Do, C:Check, A:Act – F:Factors, T:Tree, A:Analysis) la cual forma parte de las actividades llevadas a cabo dentro del QRQC Quick Response – Quality Control (Respuesta rápida – Control de Calidad).

Las actividades del QRQC de acuerdo (Hakim & Quintin, 2011) contiene solo algunos de los principios de la metodología original del PDCA ya que se maneja el uso de herramientas estadísticas y datos más que solo suposiciones y tormentas de ideas, para el análisis del FTA como el corazón de este proceso de acuerdo a la figura 4.

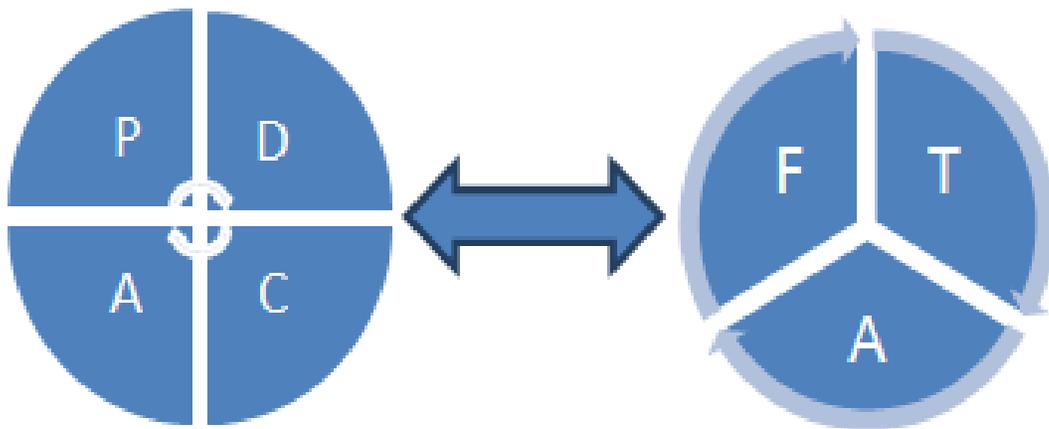


Figura 4.-Metodología PDCA-FTA Referencia: Valeo 2015

Esta metodología se divide en dos grandes pasos que son:

- Respuesta rápida
- Actividad de análisis

De manera general cada uno de estos dos grandes pasos así como las etapas internas de cada uno de los pasos lo representamos en la figura 5.

Metodología PDCA-FTA

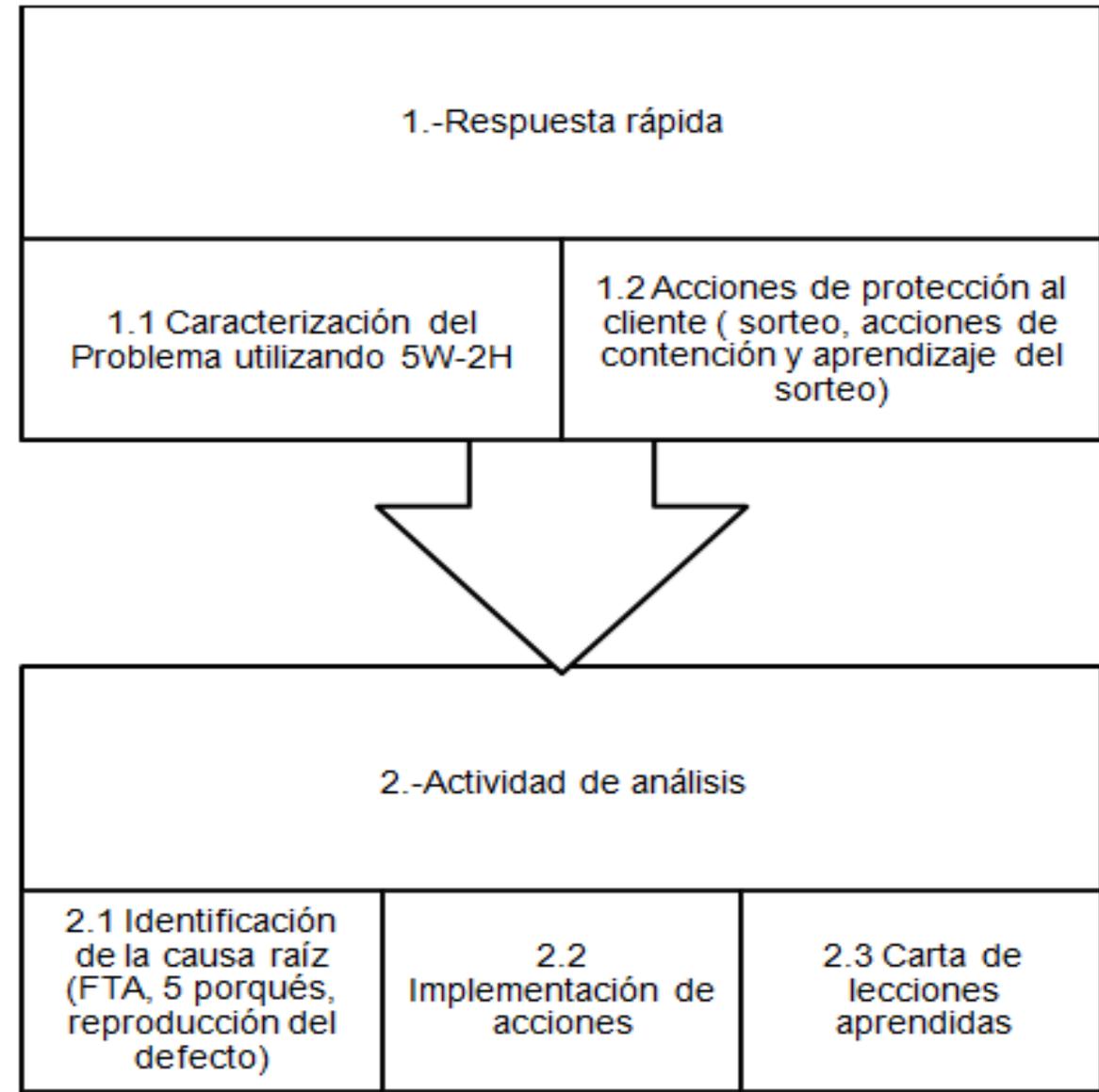


Figura 5.-Pasos de metodología PDCA y FTA

Paso 1.- Respuesta rápida:

Fase 1.1 Caracterización del problema:

El objetivo de esta etapa es entender cuál es el problema utilizando lo que llamamos 5W 2H con el objetivo de describir claramente el problema haciendo un comparativo de lo que llamamos una condición buena contra una condición mala. Describiendo cuál es el problema desde el punto de vista valeo y el punto de vista del cliente tenemos la siguiente definición y ayuda visual en la figura 6.

Punto de vista del cliente:

¿Qué ha pasado? Lente exterior de la lámpara frontal con gotas de barniz mayores a 1.0 mm en zonas A, B y C.

¿Por qué es un problema? No cumple con el estándar cosmético indicado en el estándar de inspección VSI-EI-538 para la aceptación de gotas en zonas A, B y C que es de 1 mm de diámetro

¿Cuándo se ha detectado? 01 Octubre 2014

¿Quién lo ha detectado: Operador en turno con habilidades comprobadas del conocimiento de su operación a través de la matriz de polivalencia?

¿Dónde se ha detectado? En la máquina de barnizado 2 en la unidad autónoma de producción 1.

¿Cómo han sido detectadas las piezas no conformes? En la inspección 100% visual al final del proceso

¿Cuántas piezas no conformes ha reportado el cliente? 0

¿Cuántas piezas no conformes han sido enviadas al cliente? 0

Punto de vista valeo:

¿Qué síntoma observamos en nuestras piezas? La pieza no conforme muestra gotas de más de 1.0 mm en la zona A, B y C del lente exterior de la lámpara frontal. La pieza conforme no presenta gotas de más de 1.0 mm en la zona A, B y C del lente externo del Head Lamp.

¿Fue la pieza re-trabajada en Valeo? No, el lente no puede ser re-trabajado por defecto de gota de barniz.

¿Cuándo fue fabricada la pieza en Valeo? Piezas producidas de enero 2014 a febrero 2015

¿Quién la fabrica? Operadores en turno con habilidades comprobadas del conocimiento en su operación a través de la matriz de polivalencia

¿A qué otro cliente es enviada esta pieza? Únicamente a la línea de ensamble de la lámpara frontal.

¿Somos capaces de detectar el defecto re-introduciendo la pieza en el proceso normal? Sí al introducir el lente en la estación de inspección final, la operadora en turno detecta el defecto en el lente exterior.

¿Ha ocurrido un problema similar en cliente o internamente? Internamente se ha presentado un rechazo de 460 piezas en promedio mensual del periodo de enero 2014 a febrero 2015.

¿Qué plantas de Valeo deben ser alertadas? La alerta de calidad es emitida para las unidades autónomas de producción 2 y 3.



Figura 6.-Foto de pieza conforme y Pieza no Conforme Referencia: Valeo 2015

Fase 1.2 Acciones de protección al cliente (sorteo, acciones de contención y aprendizaje del sorteo).

Los objetivos de esta etapa son: El cliente no debe de recibir ni una sola pieza más por este defecto, ¿cómo proteger al cliente? Todas las piezas deben de ser sorteadas, preguntarnos ¿Qué aprendimos del sorteo? algún patrón o dirección para encontrar que y cuando cambio.

En este proyecto definimos como acción de protección al cliente el sorteo 100% visual de los lentes en la operación de inspección al final del proceso dado que el defecto es detectado de forma visual logrando no enviar piezas no conformes a nuestro cliente ensamble y teniendo los siguientes resultados de acuerdo a la figura 7 del sorteo para cada mes observado:

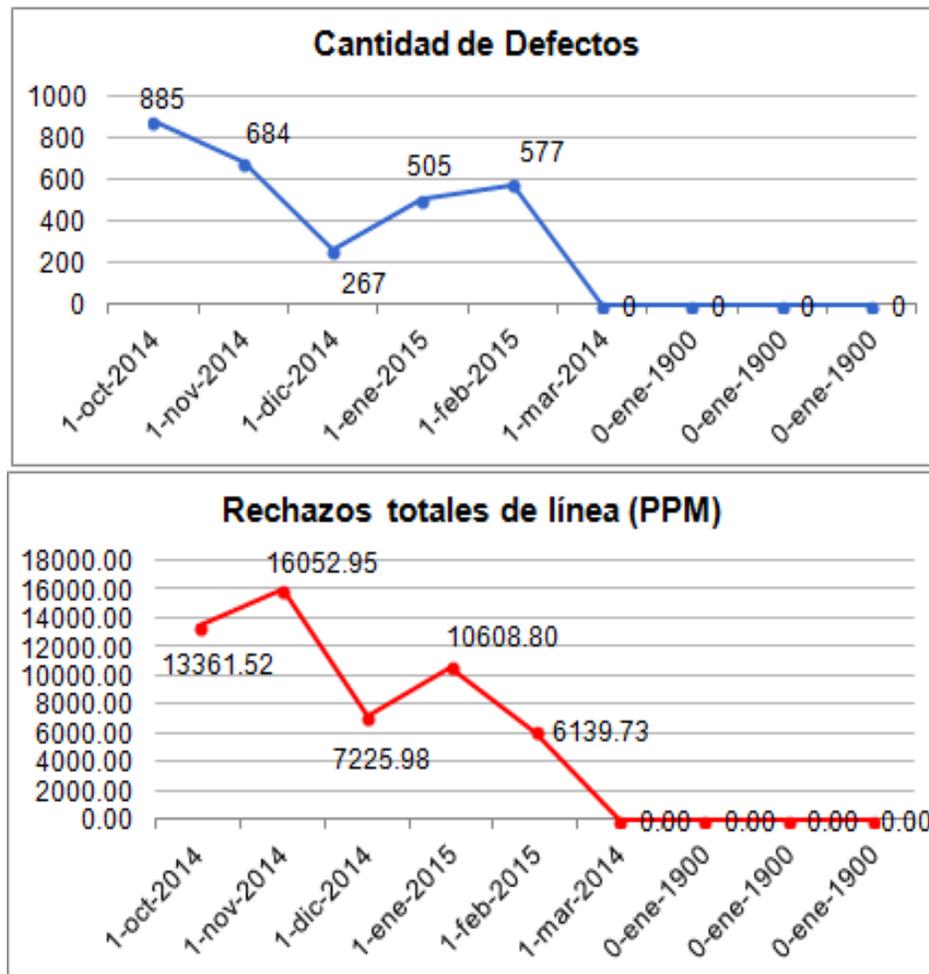


Figura 7.- Resultados del sorteo realizado

Lo que aprendimos del sorteo fue que no existe ninguna tendencia puntual por turno y que el defecto cosmético si el operador tiene la habilidad requerida es un filtro efectivo para evitar enviar las piezas no conformes a nuestro cliente. Dentro de la red de lecciones aprendidas de valeo nos dimos a la tarea de buscar las lecciones aprendidas que se tienen respecto al problema de la gota encontrando como aprendizaje de acuerdo a la LLC-VLS/L92/NizhnyNovgorod1/2015-03-30-5VR que La gota puede ser debida a la posición del lente en el proceso y que el herramental con suciedad de barniz puede provocar gotas de acuerdo a la LLC-VLS/L05/Martos 1/2014-04-21-855, estas LLC no pueden ser presentadas como documentos debido a la confidencialidad de la información.

Paso 2.- Actividad de análisis

2.1 Identificación de la causa raíz (FTA, 5 porqués, reproducción del defecto).

Los objetivos de esta etapa son: Hacer el análisis con factores y datos, análisis del PDCA incluyendo FTA y 5 ¿Por qué?, Comparaciones básicas entre pieza buena, pieza mala y estándar, encontrar el factor que pueda reproducir el fenómeno, descubrir la causa raíz.

De acuerdo a Hakim, A., & Quintin, T. (2011) primeramente definimos nuestras 4 M para de estas analizar los factores que conducen a la diferencia más significativa entre la pieza conforme y no conforme. El análisis cubre todos los factores de acuerdo a las 4 M que son maquina, método, mano de obra y material.

Material: Incluye el material por sí mismo o componentes usados para la manufactura incluyendo el material del producto por si mismo pero también el material usado por el proceso ejemplo (aceite, productos químicos para hacer la operación).

Método: El proceso de entrega y manufactura del producto incluye las condiciones, ambiente, método de trabajo como pueden ser las instrucciones de trabajo, mediciones, métodos.

Mano de Obra: factor humano involucrado en el proceso (ejemplo: entrenamiento, validaciones, habilidades)

Maquina: Equipos, herramientas de producción poka yokes, software.

Factores: en esta sección colocamos cualquier factor que creemos puede ser un vinculo directo con el problema reportado como pueden ser los parámetros del proceso, características del materia. En esta sección nominamos los factores precisos solamente no debemos de calificar nunca el factor como bueno, mal, grande, pequeño. Para identificar los factores necesitamos comparar pieza conforme y pieza no conforme, estándar, preguntar al operador y usar los documentos como son análisis de Modo y efecto de la falla en el proceso (AMEF,

dibujos, planes de control, descripción del proceso, procedimientos e involucrar a los expertos.

Punto de Control: En esta columna precisamos como y donde cada factor es revisado por ejemplo en registro de inicio del proceso, en el dibujo de la parte, en el AMEF. El punto de control puede estar en cualquier parte del proceso incluyendo el proveedor, inspección recibo, proceso de ensamble, transportación, cuando sea necesario la referencia del documento debe de ser precisada. La respuesta de no punto de control no puede ser colocada, si el punto de control nunca fue definido con anterioridad mencionamos esto y precisamos donde y como el factor puede ser revisado.

Estándar: En esta columna debemos encontrar y definir el valor de cada uno de los factores, el valor nominal y sus tolerancias. Este puede ser tomado de los documentos del proceso incluyendo el dibujo, instrucciones de trabajo ó piezas muestras. La respuesta de No existe un estándar no es aceptable puede no estar formalizado pero puede ser parte de las actividades cotidianas.

Piezas conformes y piezas no conformes: basados en el factor y estándar definidos debemos colocar el valor del factor que nos proporciona piezas buenas en el proceso así como el valor de las piezas no conformes. Los datos deben de ser directamente comparables, mismas unidades mismo método de medición ó calculo.

¿Está el estándar conforme?: Un estándar es conforme si el parámetro es claramente definido con tolerancias, esto incluye la manera de que el estándar es revisado, la frecuencia, la medición y el método. Para decir que el estándar es conforme significa que no requiere un cambio, acción o mejorar la manera en que el estándar es revisado que al aplicar el estándar obtenemos piezas buenas.

¿Se cumple con el estándar?: para contestar esta pregunta revisamos si se ha respetado el estándar para producir una pieza mala.

Si se ha respetado el estándar y se han producido piezas malas y piezas buenas con este estándar, este es entonces No conforme y la respuesta a la pregunta de si se cumple con el estándar es si.

En resumen de esta etapa tenemos las tablas 1 y 2 en donde presento los datos de cada factor y el resultado de la consideración de cada uno de los factores como causa raíz de acuerdo a los resultados obtenidos del diseño óptimo de experimentos tanto para la ocurrencia como para la no detección.

Tabla 1.- Factores para la ocurrencia definidos para el problema de la gota. Referencia propia.

4M	Factor	Punto de control	Estándar	Vinculo directo
Método	Densidad de barniz	Punto de control: Pantalla en la barnizadora ¿Cómo? Liberación de Proceso con características de proceso F-7300-783 ¿Quien? Técnico del proceso de barnizado ¿Donde? Barnizadora 2 ¿Cuando? En cada inicio del turno	Interno : .878 a 0.884 g/cm3 proveedor: .86 a .90 g/cm3	si
	Bombeo de barniz	Punto de control: Pantalla en la barnizadora ¿Cómo? Liberación de Proceso con características de proceso F-7300-783 ¿Quien? Técnico del proceso de barnizado ¿Donde? Barnizadora 2 ¿Cuando? En cada inicio del turno	1.6 a 2.2 gal/min	No
	Aire ionizado	Punto de control: registro de TPM ¿Cómo? Realización de TPM ¿Quien? Operadores del proceso de barnizado ¿Donde? Barnizadora 2 ¿Cuando? En cada inicio del turno	Encendido	No
	Temperatura del lente raytec	Punto de control: Pantalla en la barnizadora ¿Cómo? Mediciones con sensores en cabina ¿Quien? Técnico del proceso de barnizado ¿Donde? Barnizadora 2 ¿Cuando? 100% registrándolo cada inicio de turno	60-85°C	Si
	Altura de aplicación	Punto de control: posición fija en la cabina de barnizado ¿Cómo? Liberación de Proceso con características de proceso F-7300-783	Posición fija en cabina	Si

		<p>¿Quien? Técnico del proceso de barnizado</p> <p>¿Donde? Barnizadora 2</p> <p>¿Cuando? En cada inicio del turno</p>		
	Calibración de equipo de medición de temperatura y estudios de MSA si aplican	<p>Punto de control: Registro de calibración Apéndice A2.</p> <p>¿Cómo? de acuerdo a procedimiento de calibración de equipos VSI-P-7610</p> <p>¿Quien? Técnico del laboratorio</p> <p>¿Donde? Laboratorio</p> <p>¿Cuando? Cada dos años de acuerdo al programa</p>	Equipo Calibrado	No
	Calibración de equipo de medición de densidad y estudios de MSA si aplican	<p>Punto de control: Registro de calibración apéndice A3.</p> <p>¿Cómo? De acuerdo a procedimiento de calibración de equipos VSI-P-7610</p> <p>¿Quien? Técnico del laboratorio</p> <p>¿Donde? Laboratorio</p> <p>¿Cuando? Cada año de acuerdo al programa</p>	Equipo Calibrado	No
Máquina	Diámetro de tubos de barnizado	<p>Punto de control: cortina de aplicación</p> <p>¿Cómo? No se tiene definido aun pero debería de documentarse en el plan de control o revisión en TPM nivel 4 de la maquina</p> <p>¿Quien? Técnico del proceso de barnizado</p> <p>¿Donde ?Barnizadora 2</p> <p>¿Cuando? En cada inicio del turno</p>	3.5 mm	Si
Material	Tipo de barniz	<p>Punto de control: Certificado del proveedor de cada lote de producto</p> <p>¿Cómo? Liberación de barniz en inspección recibo</p> <p>¿Quien? Técnico de recibo</p> <p>¿Donde? Inspección recibo</p> <p>¿Cuando? Cada embarque</p>	UVT200 V2	No

Tabla 2.- Factores para la no detección definidos para el problema de la gota. Referencia propia.

4M	Factor	Punto de control	Estándar	Vinculo directo
Mano de obra	Desconocimiento de los criterios de aceptación para los defectos visuales del lente	Punto de control: Matriz de polivalencia ¿Cómo? Evaluaciones mensuales ¿Quien? Supervisor ¿Donde? Barnizadora 2 ¿Cuando? Cada mes	Cuadro mágico completo	No
Método	Inspección final	Punto de control: VSI-EI-538 ¿Cómo? De acuerdo al estándar de inspección VSI.EI.538 ¿Quien? Operador ¿Donde? Estación de inspección en Barnizadora ¿Cuando? 100% a todo el producto.	Inspeccionar en posición vehículo de acuerdo a ruta de inspección.	No

Para comprobar y elegir con datos los factores que de acuerdo a la metodología de PDCA-FTA se encontraron desarrollamos el DOE óptimo con los siguientes factores:

- 1.-Densidad del barniz
- 2.-Altura de aplicación de barniz
- 3.-Flujo de bombeo
- 4.-Temperatura
- 5.-aire ionizado

En base a estos factores desarrollamos el diseño óptimo de experimentos codificado de dos niveles tomando las especificaciones que se tienen ya declaradas como mínimo y máximo de cada factor en el proceso y utilizando el

software de r para el desarrollo obteniendo la figura 8 donde observamos que la mejor eficiencia es con 8 corridas como mínimo.

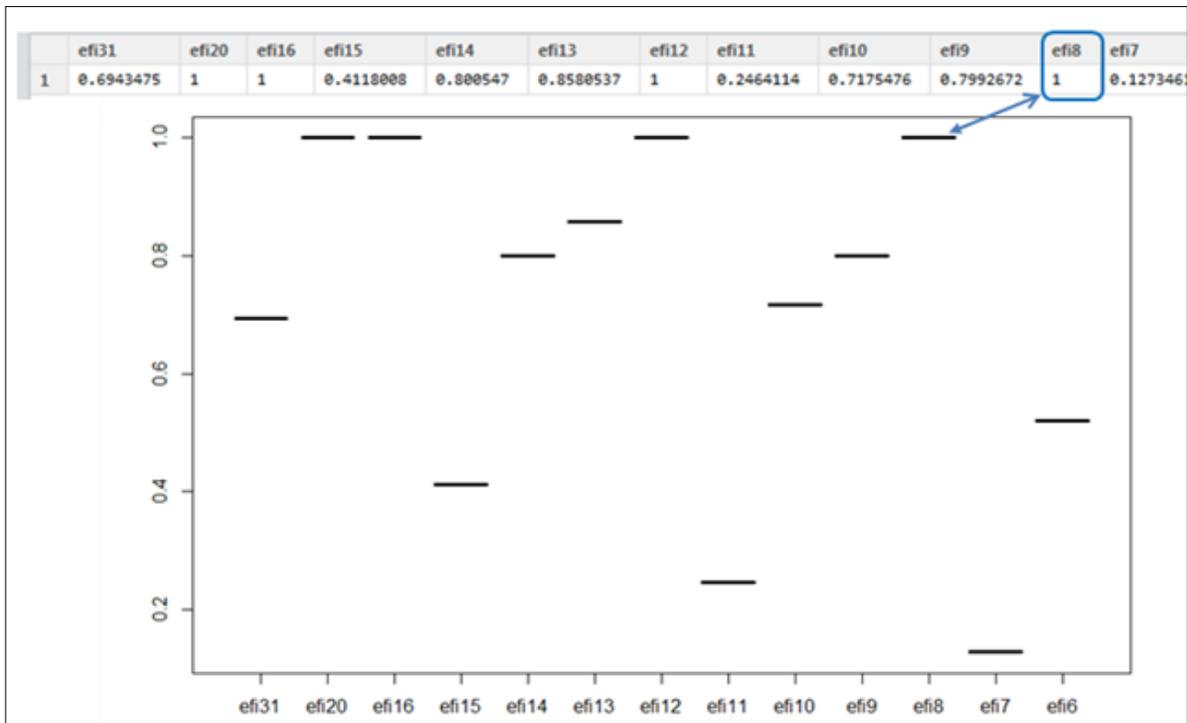


Figura 8.-Presentación de eficiencia de DOE

Realizando el DOE óptimo de nuestras corridas experimentales tenemos la figura 9:

```

$design
  aire densidad bombeo altura temperatura
2    1     -1     -1     -1           -1
7   -1     1     1     -1           -1
12   1     1     -1     1           -1
13  -1    -1     1     1           -1
17  -1    -1    -1    -1            1
24   1     1     1     -1            1
27  -1     1    -1     1            1
30   1    -1     1     1            1

$rows
[1]  2  7 12 13 17 24 27 30

```

Figura 9.-Corridas a realizar en DOE optimo

Para la realización de las corridas se reviso con los expertos del proceso la manera de comprobar que cada factor se encontrara en las especificaciones requeridas antes de iniciar la hora de prueba de cada corrida, se llevo el registro mostrado en el apéndice 5 para la evidencia de cada corrida asegurando así tener las 100 piezas para la validación.

Condiciones experimentales: De acuerdo a nuestra figura 9 e interpretando la codificación en cada una de las corridas tenemos la descripción de cada corrida:

Corrida uno:

- 1.-Corrida con aire ionizado
- 2.-Densidad en su especificación menor
- 3.-Bombeo de barniz en su especificación menor
- 4.-Altura la menor posible en la cabina
- 5.-Temperatura en el rango inferior de su especificación

Corrida dos:

- 1.-Corrida sin aire ionizado
- 2.-Densidad en su especificación mayor
- 3.-Bombeo de barniz en su especificación mayor
- 4.-Altura la menor posible en la cabina

5.-Temperatura en el rango inferior de su especificación

Corrida tres:

1.-Corrida con aire ionizado

2.-Densidad en su especificación mayor

3.-Bombeo de barniz en su especificación menor

4.-Altura la mayor posible en la cabina

5.-Temperatura en el rango inferior de su especificación

Corrida cuatro:

1.-Corrida sin aire ionizado

2.-Densidad en su especificación menor

3.-Bombeo de barniz en su especificación mayor

4.-Altura la mayor posible en la cabina

5.-Temperatura en el rango inferior de su especificación

Corrida cinco:

1.-Corrida sin aire ionizado

2.-Densidad en su especificación menor

3.-Bombeo de barniz en su especificación menor

4.-Altura la menor posible en la cabina

5.-Temperatura en el rango mayor de su especificación

Corrida seis:

1.-Corrida con aire ionizado

2.-Densidad en su especificación mayor

3.-Bombeo de barniz en su especificación mayor

4.-Altura la menor posible en la cabina

5.-Temperatura en el rango mayor de su especificación

Corrida siete:

1.-Corrida sin aire ionizado

2.-Densidad en su especificación mayor

3.-Bombeo de barniz en su especificación menor

4.-altura la mayor posible en la cabina

5.-Temperatura en el rango mayor de su especificación

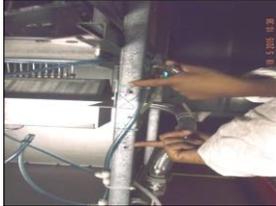
Corrida ocho:

- 1.-Corrida con aire ionizado
- 2.-Densidad en su especificación menor
- 3.-Bombeo de barniz en su especificación mayor
- 4.-altura la mayor posible en la cabina
- 5.-Temperatura en el rango mayor de su especificación.

En la tabla 3 de la hoja siguiente encontramos la evidencia del método de control que se llevo en la línea para cada factor.

Los resultados obtenidos del diseño óptimo de experimentos de cada corrida así como su interpretación lo presento en el capítulo IV de análisis de resultados.

Tabla 3.-Factores, especificaciones y método de control en línea en el desarrollo del diseño optimo de experimentos Referencia: Propia

Factor	Especificación	Método de control en línea
Densidad del barniz	Min – máx. g/cm ³	Pantalla de máquina 
Altura de aplicación de barniz	baja - alta	Fija en la máquina 
Flujo de bombeo	min - máx. gal/min	Pantalla de máquina 

Temperatura	min – máx. °C	Pantalla de máquina 
aire ionizado	con aire – sin aire	Aire conectado-desconectado 

2.2 Implementación de acciones

El objetivo de esta etapa es establecer las acciones correctivas permanentes derivadas del análisis del problema que se hizo las cuales presento en la tabla 4.

Tabla 4.-Acciones correctivas permanentes implementadas

Factor	Acción implementada	Antes	Después
Altura de aplicación de barniz	Establecer altura mínima en el proceso	Altura 6 ¼" 	Altura 4 ¼" 

Diámetro de aplicación de tubos	Cambio de diámetro de aplicación de barniz de 3.5 a 2.5 mm	<p>Diámetro 4mm</p> 	<p>Diámetro 2.5 mm</p> 
---------------------------------	--	---	--

La eficiencia de acciones correctivas permanentes se monitoreo durante dos meses todos los días para confirmar el efecto de las acciones y confirmar la eficacia en todos los turnos logrando los resultados mostrados en la figura 22.

Como parte de las acciones correctivas que se tomaron se documento dentro del AMEF del proceso los factores aquí estudiados como factores del problema de la gota ya que en el AMEF inicial se tenía únicamente el factor de la orientación del dispositivo para el problema de la gota con un valor en el RPN de 140 y con la evidencia de este estudio se agregaron los factores estudiados y se recalifico el numero de RPN con la nueva ocurrencia quedando ahora un valor de 105.

AMEF antes:

N°	Proceso		Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Severidad	Clase	Causa potencial / Mecanismo de falla	Ocurrencia	Controles actuales		Detección	RPN
	Requerimientos								Prevencion	Detección		
60	Barnizado de lente	Barniz UVT	Gotas	Defecto cosmetico	5		Mala orientacion en el dispositivo	4	Inspeccion en mantenimiento preventivo	Doble inspección, liberación de la primera pieza	7	140

AMEF después:

N°	Proceso		Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causa potencial / Mecanismo de falla	Ocurrencia	Controles actuales		Detección	RPN
	Requerimientos							Prevención	Detección		
60	Lens Flow Coating	PAINT LENS HC CLR UVT-200V2	Gotas	Defecto Cosmético	5	Mala orientación en el dispositivo	2	Check list de mantenimiento	Double visual inspection, first sample release	7	70
						Altura de aplicación del barniz	Check list de mantenimiento				
						Temperatura de la parte	Parametros de proceso				
						Bombeo de barniz	Parametros de proceso				
						Diametro de tubos de aplicación	Check list de mantenimiento				

IV Análisis de resultados y discusión

1.- Realizando el DOE optimo de acuerdo a la figura 9 y agregando únicamente los resultados de la cantidad de piezas enviadas a desecho debido al problema de la gota de barniz tenemos los resultados en la figura 10:

row.names	aire	densidad	bombeo	altura	temperatura	gota
2	1	-1	-1	-1	-1	3
7	-1	1	1	-1	-1	2
12	1	1	-1	1	-1	4
13	-1	-1	1	1	-1	9
17	-1	-1	-1	-1	1	2
24	1	1	1	-1	1	1
27	-1	1	-1	1	1	4
30	1	-1	1	1	1	7

Figura 10.-Resultados de DOE optimo de gotas de barniz

Realizando un análisis con anova de los resultados obtenidos en la figura 10 tenemos la figura 11, en la cual podemos observar el valor de nuestro interés que es el valor de P valúe mínimo y podemos ver que la altura de aplicación del barniz con un valor de P valúe de 0.007722 es el menor y más significativo. Observamos en los valores de los coeficientes de nuestro modelo en la figura 11 los valores de 0.29289 del factor del aire ionizado y el valor de 0.10557 del factor de la temperatura que por ser los valores más altos de p Value podemos inferir que estos factores son los menos significativos y observando los datos de los residuales de la figura 11 tenemos el valor de R^2 .9904 $>$.9663 R^2 ajustada y el valor de p valúe del modelo $0.02387 < 0.05$ indicándonos una buena significancia del modelo.

```

Analysis of Variance Table

Response: gota
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
aire   1    0.5    0.50      2 0.292893
densidad 1   12.5   12.50     50 0.019419 *
bombeo  1    4.5    4.50     18 0.051317 .
altura  1   32.0   32.00    128 0.007722 **
temperatura 1    2.0    2.00     8 0.105573
Residuals  2    0.5    0.25
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(Analizando)

Call:
lm(formula = gota ~ aire + densidad + bombeo + altura + temperatura,
    data = respuesta)

Residuals:
     2     7    12    13    17    24    27    30
 0.25 -0.25 -0.25  0.25 -0.25  0.25  0.25 -0.25

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.0000    0.1768  22.627  0.00195 **
aire         -0.2500    0.1768  -1.414  0.29289
densidad    -1.2500    0.1768  -7.071  0.01942 *
bombeo       0.7500    0.1768   4.243  0.05132 .
altura       2.0000    0.1768  11.314  0.00772 **
temperatura  -0.5000    0.1768  -2.828  0.10557
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5 on 2 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9904, Adjusted R-squared:  0.9663
F-statistic: 41.2 on 5 and 2 DF, p-value: 0.02387

```

Figura 11.-Resultados de análisis de anova 0

Graficando los residuales tenemos la figura 12 en la cual podemos observar que los datos no se encuentran alineados y no podemos decir aún estadísticamente que se comporten de manera normal.

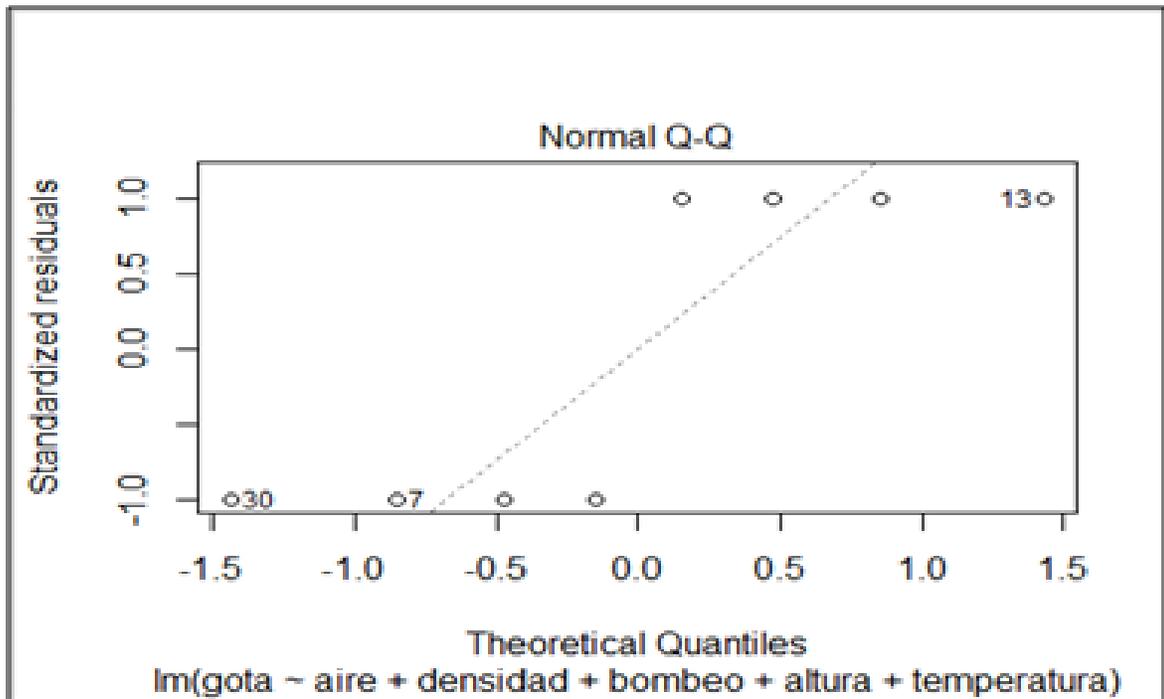
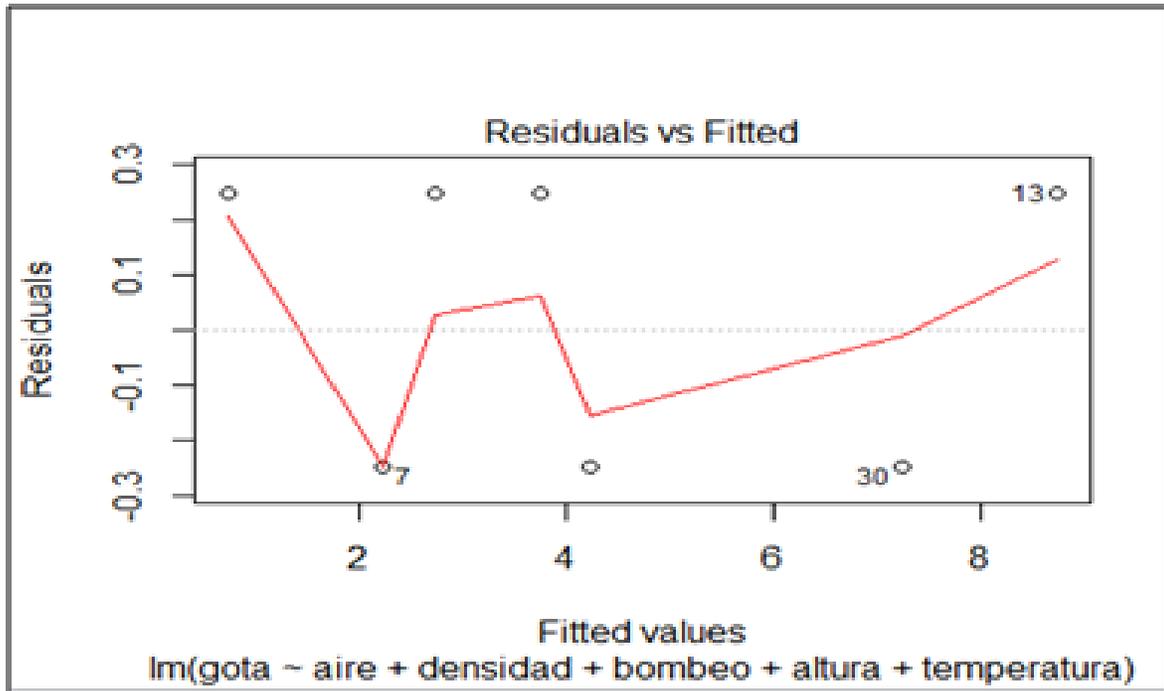


Figura 12.-Residuales 0 Referencia: propia

Para mejorar nuestro modelo y de acuerdo a los datos obtenidos vamos a realizar nuevamente el análisis de anova pero eliminando uno de los factores menos significativos de acuerdo a la figura 11 y en este caso vamos a eliminar el aire ionizado que fue nuestro factor menos significativo de la figura 11, obteniendo la figura 13.

```

> Analizandol <- lm(gota~densidad+altura+bombeo+temperatura,data=respuesta)
> anova(Analizandol)
Analysis of Variance Table

Response: gota

```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
densidad	1	12.5	12.500	37.5	0.008754 **
altura	1	32.0	32.000	96.0	0.002260 **
bombeo	1	4.5	4.500	13.5	0.034897 *
temperatura	1	2.0	2.000	6.0	0.091721 .
Residuals	3	1.0	0.333		

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(Analizandol)

Call:
lm(formula = gota ~ densidad + altura + bombeo + temperatura,
    data = respuesta)

Residuals:
    2      7     12     13     17     24     27     30
-2.776e-16 -1.835e-16 -5.000e-01  5.000e-01  2.806e-16  8.755e-17  5.000e-01 -5.000e-01

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.0000     0.2041  19.596  0.00029 ***
densidad    -1.2500     0.2041  -6.124  0.00875 **
altura       2.0000     0.2041   9.798  0.00226 **
bombeo       0.7500     0.2041   3.674  0.03490 *
temperatura  -0.5000     0.2041  -2.449  0.09172 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5774 on 3 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9808, Adjusted R-squared:  0.9551
F-statistic: 38.25 on 4 and 3 DF, p-value: 0.00659

```

Figura 13.-Resultados de análisis de anova 1 Referencia: propia

Haciendo el análisis de resultados tenemos:

- 1.- Se puede observar que la densidad y altura son los factores más significativos del nuevo modelo.

2.- En el análisis de residuales tenemos $R^2 .9808 > .9551$ R^2 ajustada y el valor de p valúe del modelo $0.00659 < 0.05$ indicándonos una buena significancia del modelo.

Graficando los residuales tenemos la figura 14 en la cual podemos observar que los datos se encuentran alineados más que en el análisis 0 de anova y nos indican mas tendencia a ser normales nuestros datos.

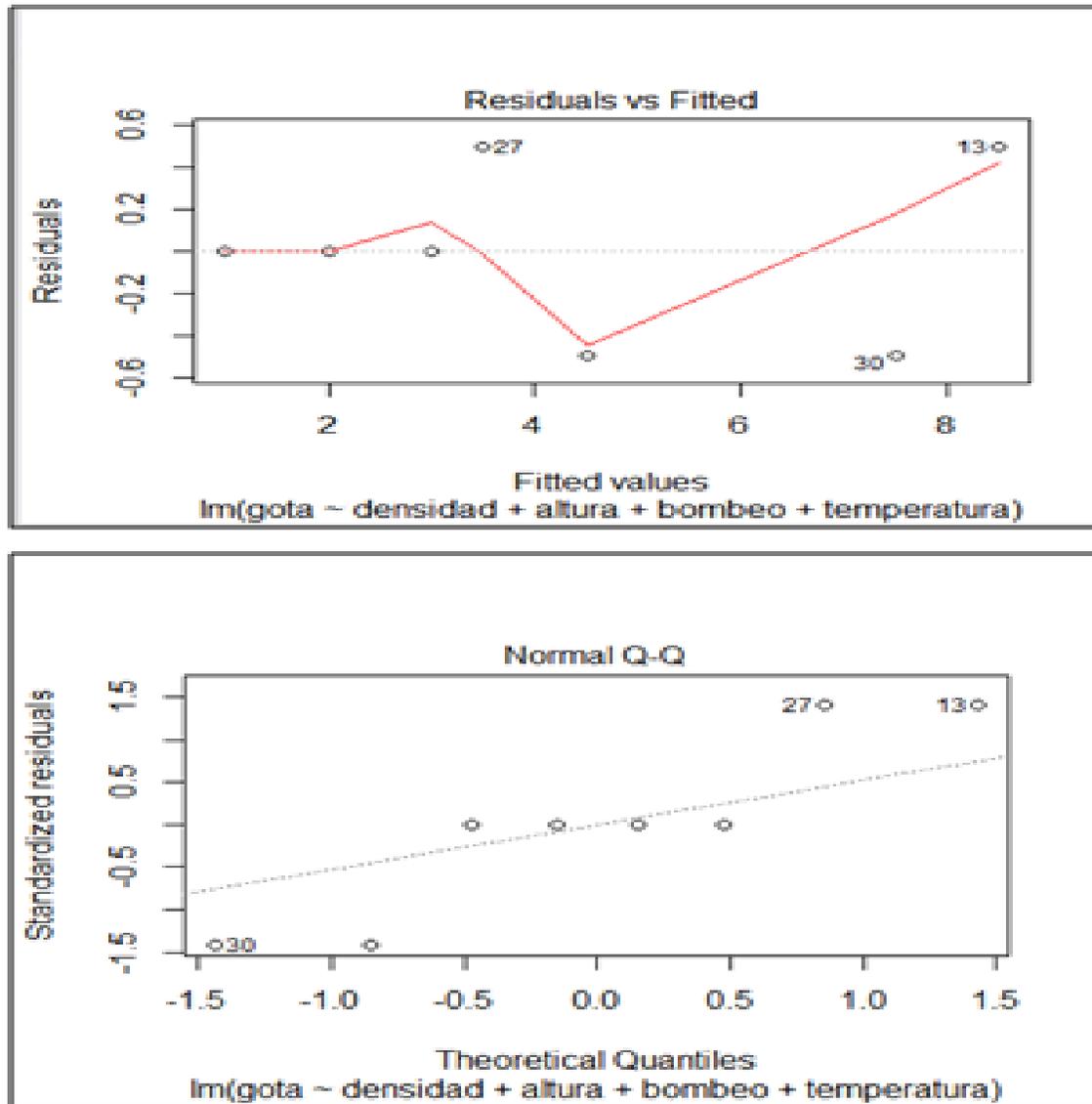


Figura 14.-Residuales 1 Referencia: propia

Graficando las interacciones de nuestros factores tenemos la figura 15 donde podemos observar que el factor de temperatura no tiene interacciones con los otros factores presentados.

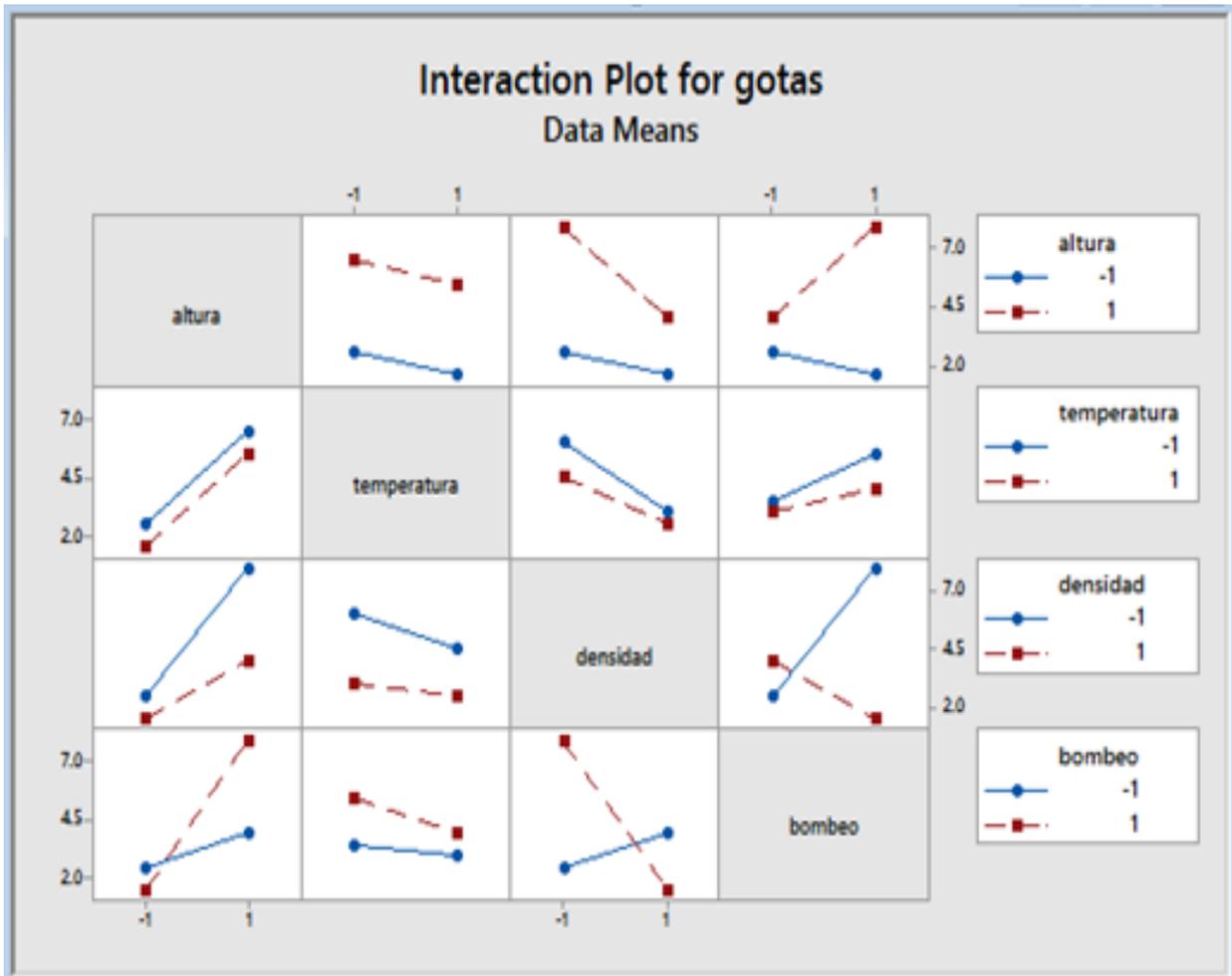


Figura 15.-Interacciones 0 Referencia: propia

Para mejorar nuestro modelo y de acuerdo a los datos obtenidos vamos a realizar nuevamente el análisis de anova eliminando nuevamente el factor menos significativo que de acuerdo a la figura 13 es la temperatura.

```

> Analizando2 <- lm(gota~densidad+altura+bombeo,data=respuesta)
> anova(Analizando2)
Analysis of Variance Table

Response: gota
  Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
densidad 1 12.5 12.50 16.667 0.015068 *
altura 1 32.0 32.00 42.667 0.002838 **
bombeo 1 4.5 4.50 6.000 0.070484 .
Residuals 4 3.0 0.75
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(Analizando2)

Call:
lm(formula = gota ~ densidad + altura + bombeo, data = respuesta)

Residuals:
    2     7    12    13    17    24    27    30
5.000e-01 5.000e-01 -1.943e-16 1.000e+00 -5.000e-01 -5.000e-01 1.943e-16 -1.000e+00

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.0000     0.3062  13.064 0.000198 ***
densidad    -1.2500     0.3062  -4.082 0.015068 *
altura       2.0000     0.3062   6.532 0.002838 **
bombeo       0.7500     0.3062   2.449 0.070484 .
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.866 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9423, Adjusted R-squared: 0.899
F-statistic: 21.78 on 3 and 4 DF, p-value: 0.006119

> plot(Analizando2)
Hit <Return> to see next plot:
Hit <Return> to see next plot:
Hit <Return> to see next plot: |

```

Figura 16.-Resultados de análisis de anova 2 Referencia: propia

Haciendo el análisis de resultados tenemos:

1.- Se puede observar que la densidad y altura siguen siendo los factores más críticos del nuevo modelo.

2.- En el análisis de residuales tenemos $R^2 .9423 > .899$ R^2 ajustada y el valor de p valúe del modelo $0.006119 < 0.05$ indicándonos una buena significancia del modelo.

Graficando los residuales tenemos la figura 16 en la cual podemos observar que los datos se encuentran más alineados que en el análisis 1 de anova y nuestros datos ya se ven normales.

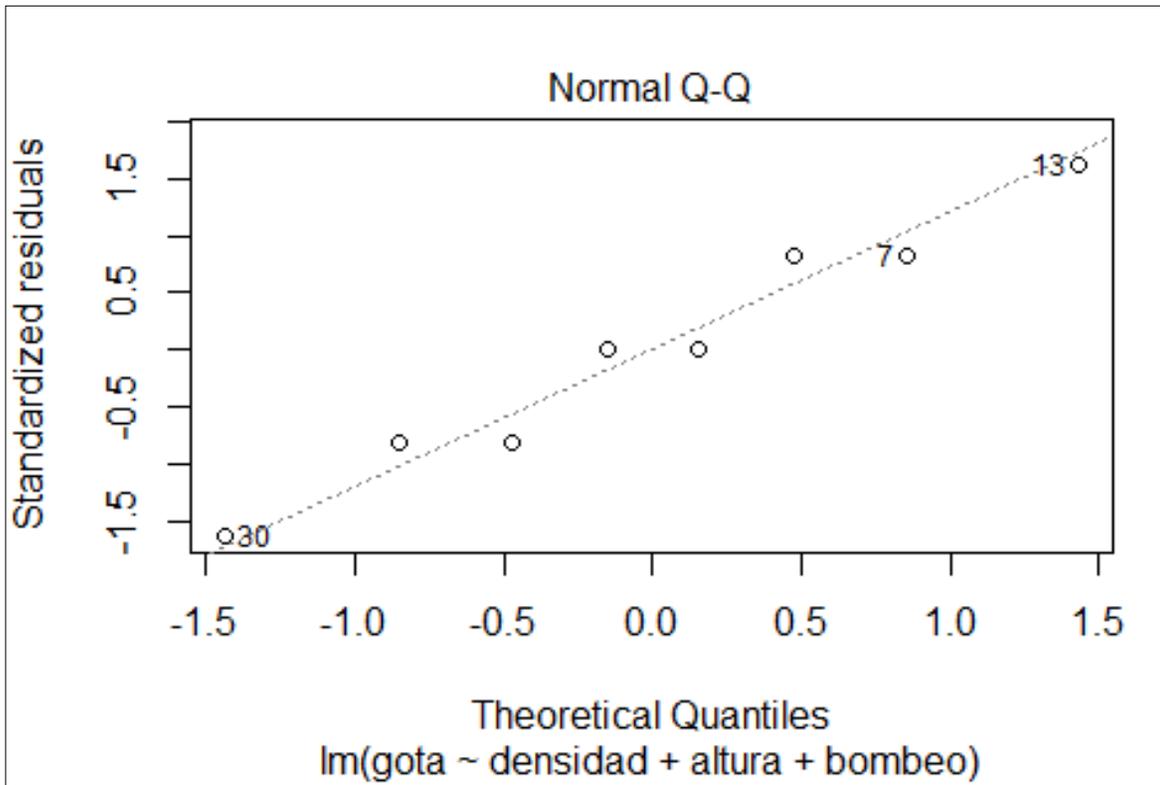


Figura 17.-Residuales 2 Referencia: propia

Graficando las interacciones de los nuevos factores tenemos la figura 18 donde podemos observar que después de extraer el factor de temperatura existen nuevas interacciones para el modelo.

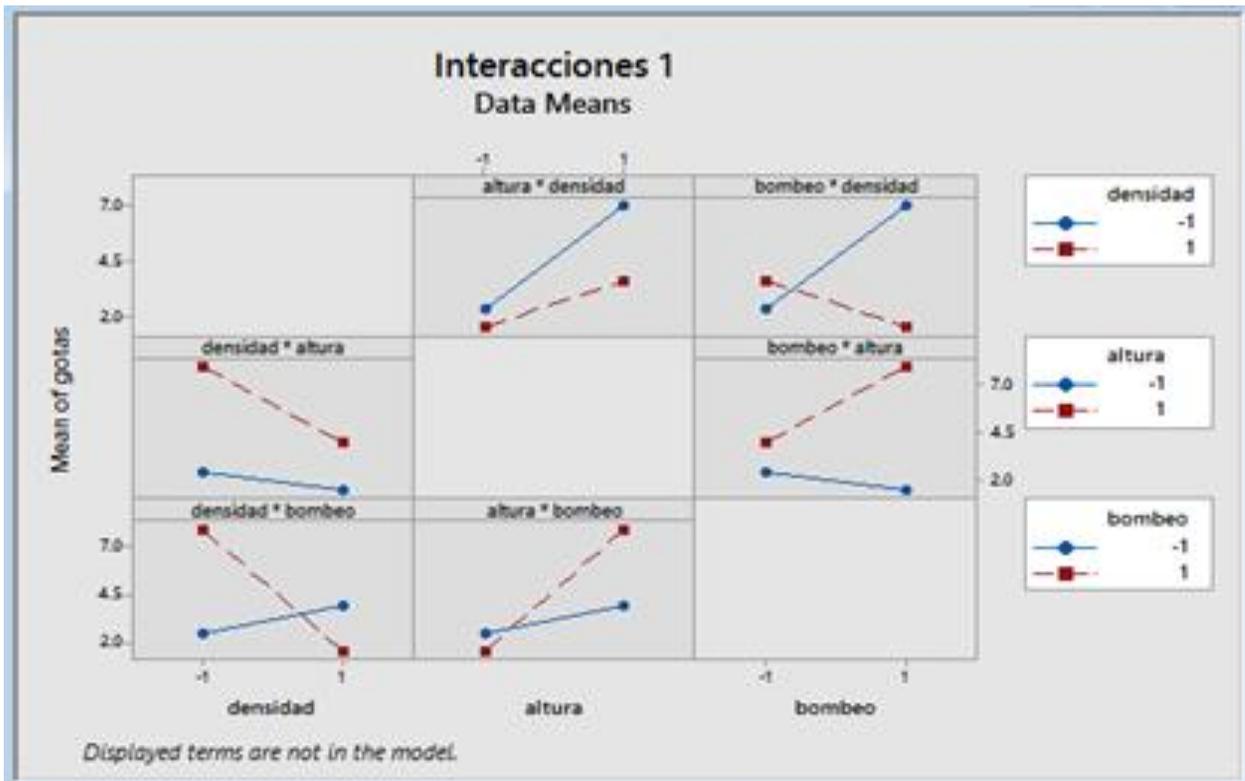


Figura 18.- Interacciones Referencia: propia

Para mejorar más nuestro modelo y de acuerdo a los datos obtenidos vamos a realizar nuevamente el análisis de anova mostrado en la figura 19 eliminando el factor menos significativo del modelo que en nuestro caso es el bombeo.

```

> Analizando3 <- lm(gota~densidad+altura,data=respuesta)
> anova(Analizando3)
Analysis of Variance Table

Response: gota
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
densidad  1  12.5    12.5   8.3333 0.034317 *
altura    1  32.0    32.0  21.3333 0.005742 **
Residuals 5   7.5     1.5
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(Analizando3)

Call:
lm(formula = gota ~ densidad + altura, data = respuesta)

Residuals:
     2     7    12    13    17    24    27    30
-0.25  1.25 -0.75  1.75 -1.25  0.25 -0.75 -0.25

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   4.000     0.433   9.238 0.00025 ***
densidad     -1.250     0.433  -2.887 0.03432 *
altura        2.000     0.433   4.619 0.00574 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.225 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8558, Adjusted R-squared:  0.7981
F-statistic: 14.83 on 2 and 5 DF, p-value: 0.0079

> plot(Analizando3)
Hit <Return> to see next plot:
Hit <Return> to see next plot:
Hit <Return> to see next plot:

```

Figura 19.-Resultados de análisis de anova 3 Referencia: propia

De acuerdo a la figura 19 observamos que los dos factores de densidad del barniz y la altura de aplicación son significativos y en nuestro caso la altura con un valor de .005742 es más significativa para nuestro caso que la densidad con un valor de .034317 que debido a la experiencia de los expertos en el proceso así como las recomendaciones del proveedor de barniz confirmamos que efectivamente es crítica para nuestro problema de la gota de barniz que analizamos.

En el análisis de residuales tenemos $R^2 .8558 > .7981$ R^2 ajustada y el valor de p valué del modelo $0.0079 < 0.05$ podemos decir que se tiene una buena significancia del modelo.

Graficando los residuales tenemos la figura 21 en la cual podemos observar que los datos son normales.

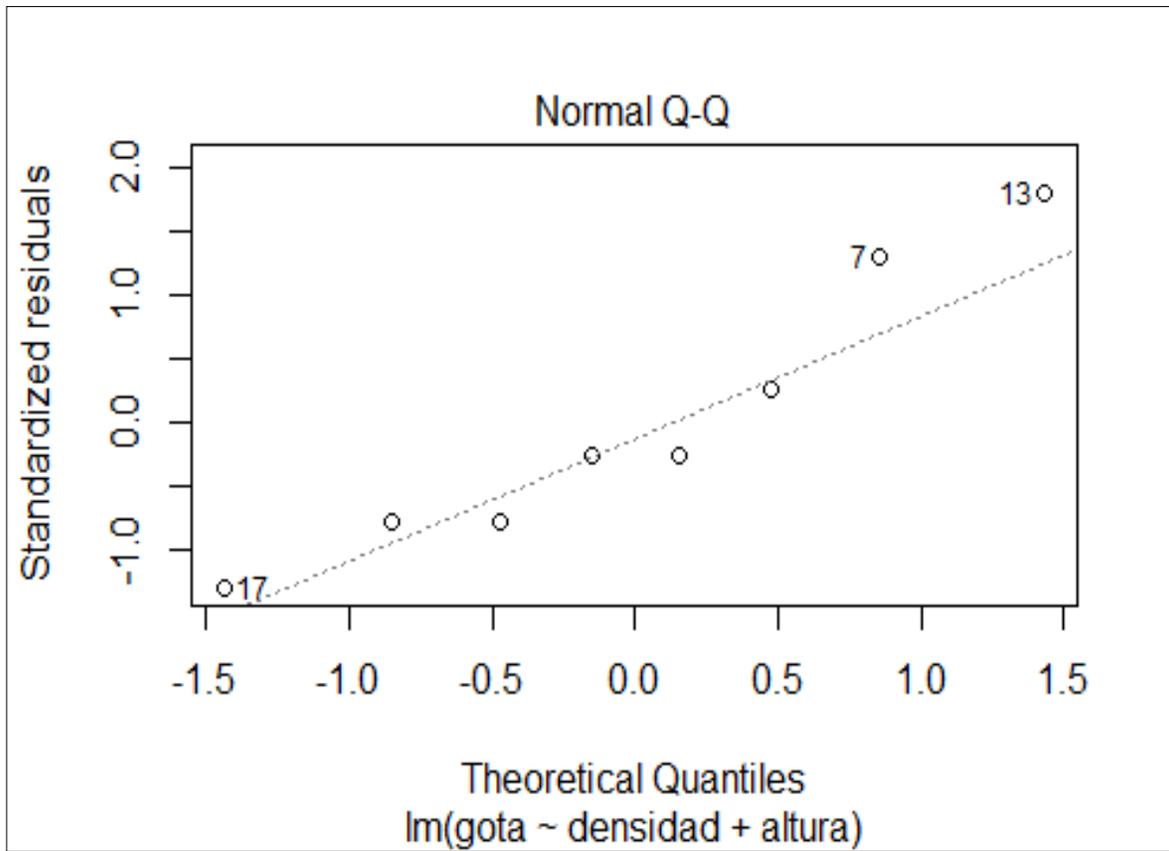


Figura 20.-Residuales 3 Referencia: propia

Graficando las interacciones tenemos la figura 21

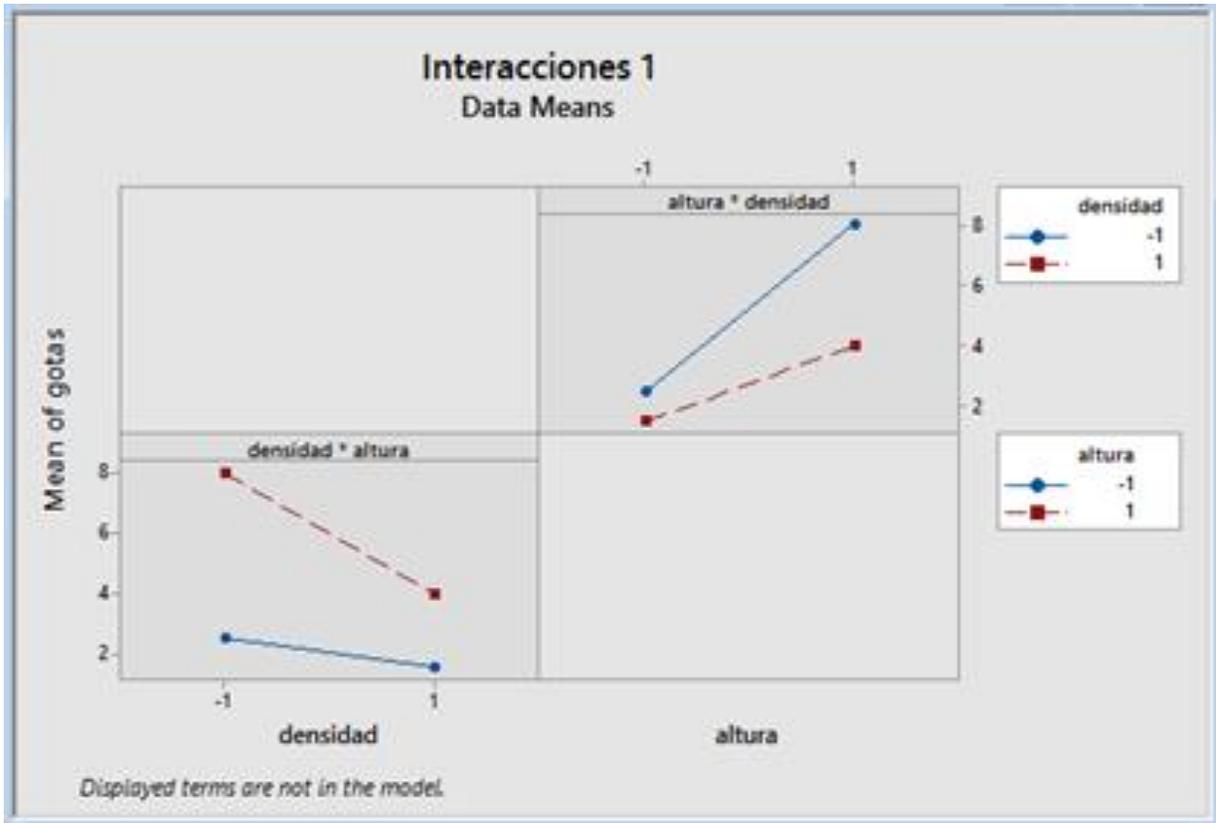


Figura 21.-Interacciones Referencia: propia

Como podemos observar el análisis final después de extraer el factor de bombeo no existen interacciones que aporten significancia al modelo como se muestra en la figura 21 por lo que se analizan los factores por separado.

De acuerdo a nuestros datos la densidad y altura de aplicación del barniz son los factores más significativos de nuestro problema analizado.

Para comprobar que nuestros resultados son correctos se desarrollo el poder de la prueba y el anova para cada uno de los factores significativos mostrados en la figura 22 y 23 comprobando que en nuestro modelo el porcentaje de aceptar nuestra hipótesis cuando en realidad es falsa (error tipo 2) es muy pequeño de acuerdo a los valores obtenidos.

```

> poder1 <- lm(gota~densidad,data=respuesta)
> anova(poder1)
Analysis of Variance Table

Response: gota
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
densidad  1  12.5 12.5000  1.8987 0.2174
Residuals 6  39.5  6.5833
> poder2 <- lm(gota~altura,data=respuesta)
> anova(poder2)
Analysis of Variance Table

Response: gota
      Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
altura  1   32  32.000    9.6 0.02116 *
Residuals 6   20   3.333

```

Figura 22.-Poder de prueba de los factores densidad y altura Referencia: propia

```

> power.anova.test(groups = 2, n = 8,between.var = 12.5, within.var = 6.5833,sig.level = 0.05, power =
NULL)

Balanced one-way analysis of variance power calculation

    groups = 2
      n = 8
between.var = 12.5
within.var = 6.5833
sig.level = 0.05
  power = 0.9514036

NOTE: n is number in each group

> power.anova.test(groups = 2, n = 8,between.var = 32, within.var = 3.333,sig.level = 0.05, power = NU
LL)

Balanced one-way analysis of variance power calculation

    groups = 2
      n = 8
between.var = 32
within.var = 3.333
sig.level = 0.05
  power = 1

NOTE: n is number in each group

> |

```

Figura 23.-Anova de los factores significativos de densidad y altura Referencia: propia

Probando la homogeneidad de las varianzas a través de la prueba de Bartlett de los factores significativos tenemos en la figura 24 los resultados del valor P valúe de .1051 para la altura y de .2269 para la densidad, ambos son mayores a .05 lo que indica que la homogeneidad es buena.

```
> bartlett.test(gota ~ altura, data = respuesta)

Bartlett test of homogeneity of variances

data: gota by altura
Bartlett's K-squared = 2.6271, df = 1, p-value = 0.1051

> bartlett.test(gota ~ densidad, data = respuesta)

Bartlett test of homogeneity of variances

data: gota by densidad
Bartlett's K-squared = 1.4602, df = 1, p-value = 0.2269
```

Figura 24.-Prueba de Bartlett a altura y densidad Referencia: propia

Con este análisis concluimos que los dos factores significativos para el problema de la gota de barniz son la densidad y altura de aplicación del barniz.

Debido a que el equipo de inspección y medición que utilizamos como son el densímetro y el equipo de data pack (conjunto de termopares para medir la temperatura de la pieza en la cabina) no son manipulables por el ser humano el sistema de medición que utilizamos no aporta error es decir no es requerido realizar un estudio de MSA de R&R pero nos aseguramos de que el equipo este en las condiciones requeridas de medición a través de su calibración la cual es realizada en laboratorios externos calificados como puede observarse en los reportes de calibración, Apéndices 2, 3 y 4.

Una vez implementadas las acciones que fueron el dejar fija la altura mínima de aplicación de barniz y el cambio de diámetro del tubo de aplicación se tomaron los datos de los cinco meses consecutivos en los cuales se obtuvieron los resultados de la figura 25.

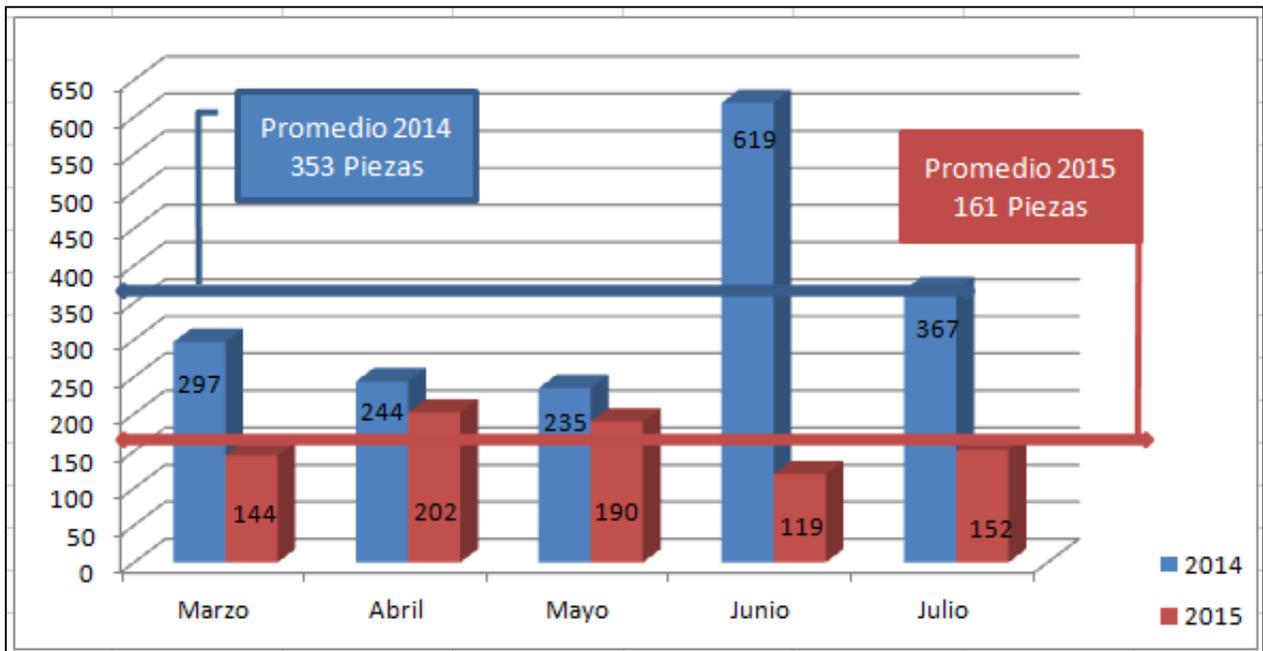


Figura 25.-Resultados de Marzo a Julio 2015 Referencia: Valeo 2014-2015

Como podemos observar en los datos de los meses de marzo a Julio del 2015 y comparando estos resultados con el mismo periodo del año 2014 el promedio de disminución de piezas de rechazo por gota de barniz ha disminuido mostrando que se ha superado el objetivo trazado de un promedio de 276 piezas.

La realización de este diseño optimo de experimentos además de permitirnos realizar el estudio del problema de la gota de barniz debido al tipo de defectos que se originaron en las corridas tuvimos la oportunidad de realizar el análisis de estos 5 factores pero ahora en su afectación hacia otro de los problemas cosméticos presentado en nuestra pieza el cual es el grumo obteniendo los resultados de acuerdo a la figura 26:

	aire	densidad	bombeo	altura	temperatura	gota	grumo
2	1	-1	-1	-1	-1	3	3
7	-1	1	1	-1	-1	2	13
12	1	1	-1	1	-1	4	0
13	-1	-1	1	1	-1	9	16
17	-1	-1	-1	-1	1	2	14
24	1	1	1	-1	1	1	2
27	-1	1	-1	1	1	4	16
30	1	-1	1	1	1	7	1

Figura 26.-Resultados de grumo. Referencia: propia

Realizando un primer estudio de los datos obtenidos a través de la herramienta anova obtenemos la información de la figura 27

```

Analysis of Variance Table

Response: grumo
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
aire   1  351.13   351.13  68.5122 0.01428 *
densidad 1    1.12    1.12   0.2195 0.68551
bombeo  1    0.12    0.12   0.0244 0.89024
altura  1    0.13    0.13   0.0244 0.89024
temperatura 1    0.13    0.13   0.0244 0.89024
Residuals  2   10.25    5.12
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(Analizando)

Call:
lm(formula = grumo ~ aire + densidad + bombeo + altura + temperatura,
    data = respuesta)

Residuals:
    2     7    12    13    17    24    27    30
 1.25 -1.00 -1.25  1.00 -1.25  1.00  1.25 -1.00

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   8.1250     0.8004  10.151  0.00957 **
aire          -6.6250     0.8004  -8.277  0.01428 *
densidad      -0.3750     0.8004  -0.469  0.68551
bombeo        -0.1250     0.8004  -0.156  0.89024
altura         0.1250     0.8004   0.156  0.89024
temperatura    0.1250     0.8004   0.156  0.89024
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.264 on 2 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9718,    Adjusted R-squared:  0.9011
F-statistic: 13.76 on 5 and 2 DF,  p-value: 0.06913

```

Figura 27.- Análisis 0 Referencia: propia

Haciendo el análisis de resultados tenemos:

1.- Se puede observar que el aire es el factor más significativo del modelo.

2.- En el análisis de residuales tenemos R^2 .9718 $>$.9011 R^2 ajustada y el valor de p valué del modelo 0.06913 $>$ 0.05 indicándonos que el modelo no tiene una buena significancia.

3.- Podemos observar que los factores de bombeo, altura y temperatura son los menos significativos del modelo.

Para mejorar nuestro modelo vamos a eliminar uno de los factores menos significativos del modelo, en nuestro caso eliminamos el factor del bombeo teniendo los resultados presentados en la figura 28.

```

> Analizando1 <- lm(grumo~aire+densidad+altura+temperatura,data=respuesta)
> anova(Analizando1)
Analysis of Variance Table

Response: grumo

```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
aire	1	351.13	351.13	101.5301	0.002082 **
densidad	1	1.12	1.12	0.3253	0.608359
altura	1	0.13	0.13	0.0361	0.861354
temperatura	1	0.13	0.13	0.0361	0.861354
Residuals	3	10.37	3.46		

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(Analizando1)

Call:
lm(formula = grumo ~ aire + densidad + altura + temperatura,
    data = respuesta)

Residuals:
    2     7    12    13    17    24    27    30
 1.375 -1.125 -1.125  0.875 -1.125  0.875  1.375 -1.125

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  8.1250     0.6575   12.36  0.00114 **
aire        -6.6250     0.6575  -10.08  0.00208 **
densidad    -0.3750     0.6575   -0.57  0.60836
altura       0.1250     0.6575    0.19  0.86135
temperatura  0.1250     0.6575    0.19  0.86135
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.86 on 3 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9714,    Adjusted R-squared:  0.9333
F-statistic: 25.48 on 4 and 3 DF,  p-value: 0.01188

```

Figura 28.- Análisis 1 Referencia: propia

Haciendo el análisis de resultados tenemos:

1.- Se puede observar que el aire sigue siendo el factor más significativo del modelo.

2.- En el análisis de residuales tenemos $R^2 .9714 >.9333$ R^2 ajustada y el valor de p valúe del modelo $0.01188 < 0.05$ indicándonos que el modelo tiene una buena significancia.

3.- Podemos observar que los factores de altura y temperatura son los menos significativos del nuevo modelo.

Graficando los residuales del modelo tenemos la figura 29 la cual nos indica que los datos se comportan de una manera normal.

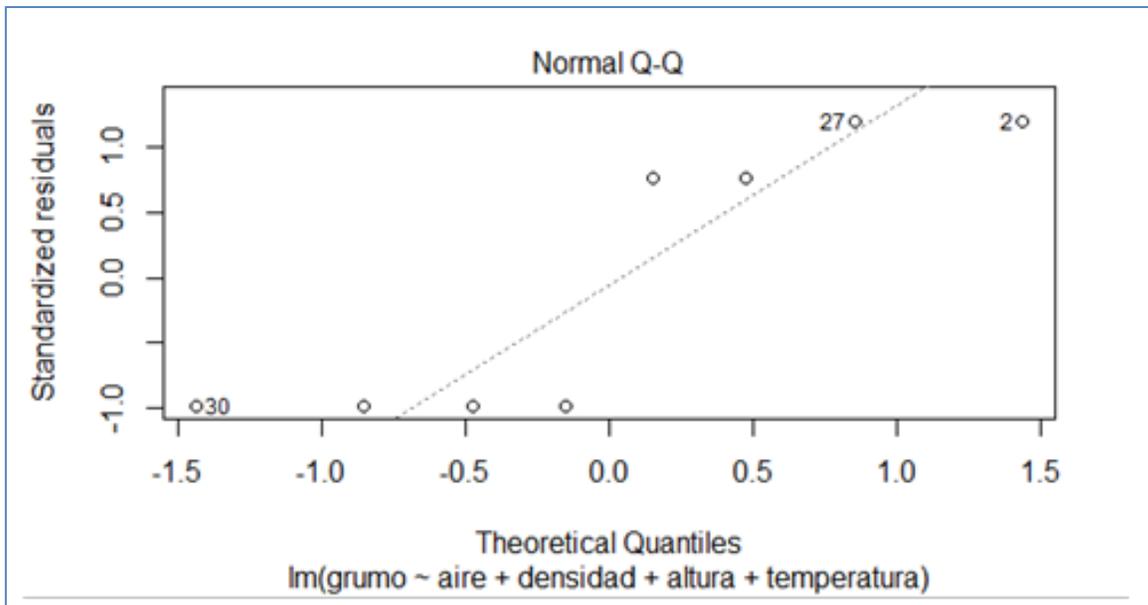


Figura 29.- Residuales Referencia: propia

Observando los datos para mejorar nuevamente nuestro modelo vamos a eliminar el factor altura y realizamos el nuevo análisis del modelo teniendo la figura 30.

```

> Analizando2 <- lm(grumo~aire+densidad+temperatura,data=respuesta)
> anova(Analizando2)
Analysis of Variance Table

Response: grumo

```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
aire	1	351.13	351.13	133.7619	0.0003193 ***
densidad	1	1.12	1.12	0.4286	0.5484243
temperatura	1	0.13	0.13	0.0476	0.8379402
Residuals	4	10.50	2.62		

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(Analizando2)

Call:
lm(formula = grumo ~ aire + densidad + temperatura, data = respuesta)

Residuals:
    2     7    12    13    17    24    27    30
 1.25 -1.25 -1.00  1.00 -1.25  0.75  1.50 -1.00

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   8.1250     0.5728  14.184 0.000143 ***
aire          -6.6250     0.5728 -11.566 0.000319 ***
densidad      -0.3750     0.5728  -0.655 0.548424
temperatura    0.1250     0.5728   0.218 0.837940
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.62 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9711,    Adjusted R-squared:  0.9494
F-statistic: 44.75 on 3 and 4 DF,  p-value: 0.001555

```

Figura 30.-Análisis 2 Referencia propia

Haciendo el análisis de resultados tenemos:

1.- Se puede observar que el aire sigue siendo el factor más significativo del modelo.

2.- En el análisis de residuales tenemos R^2 .9711 $>$.9494 R^2 ajustada y el valor de p valué del modelo $0.001 < 0.05$ indicándonos que el modelo tiene una buena significancia.

3.- Podemos observar que el factor de temperatura es el menos significativo del nuevo modelo.

Graficando los residuales del modelo tenemos la figura 31 la cual nos indica que los datos se comportan de una manera normal.

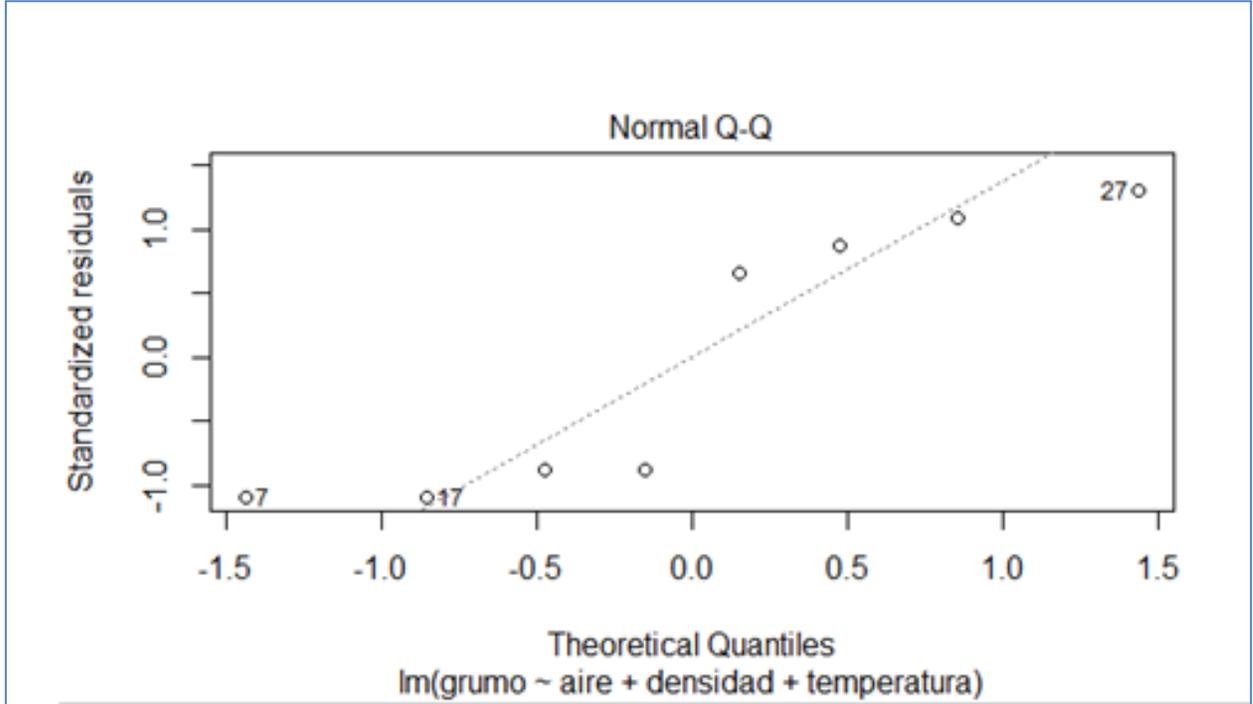


Figura 31.-Residuales.Referencia: propia

De acuerdo al modelo presentado en la figura 30 podemos observar que el factor temperatura es el menos significativo por lo que procedemos a eliminar este factor para generar un nuevo modelo el cual presentamos en la figura 32.

```

-
> Analizando3 <- lm(grumo~aire+densidad,data=respuesta)
> anova(Analizando3)
Analysis of Variance Table

Response: grumo

```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
aire	1	351.13	351.13	165.2353	5.073e-05 ***
densidad	1	1.12	1.12	0.5294	0.4995
Residuals	5	10.62	2.12		

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(Analizando3)

Call:
lm(formula = grumo ~ aire + densidad, data = respuesta)

Residuals:
    2     7    12    13    17    24    27    30
 1.125 -1.375 -1.125  0.875 -1.125  0.875  1.625 -0.875

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   8.1250     0.5154  15.765 1.87e-05 ***
aire          -6.6250     0.5154 -12.854 5.07e-05 ***
densidad      -0.3750     0.5154  -0.728  0.499
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.458 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9707,    Adjusted R-squared:  0.959
F-statistic: 82.88 on 2 and 5 DF,  p-value: 0.0001467

```

Figura 32.- Análisis 3. Referencia: propia

Haciendo el análisis de resultados tenemos:

1.- Se puede observar que el aire es el factor significativo para el problema del grumo

2.- En el análisis de residuales tenemos $R^2 .9707 >.959$ R^2 ajustada y el valor de p valúe del modelo $0.0001467 < 0.05$ indicándonos que el modelo tiene una buena significancia.

Graficando los residuales del modelo tenemos la figura 33 la cual nos indica que los datos se comportan de una manera normal

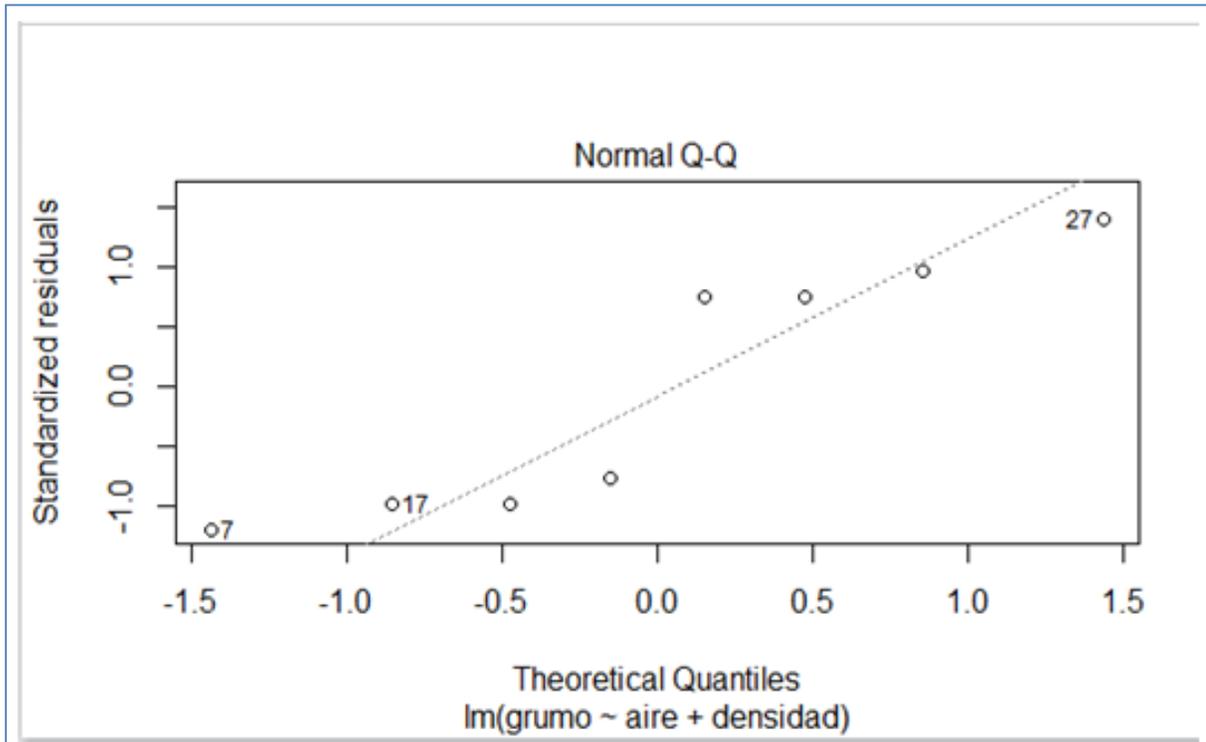


Figura 33.-Residuales.Referencia: propia

De acuerdo a todos los análisis realizados se comprueba que el aire ionizado es el factor más crítico para el problema de los grumos.

Las acciones que se tomaron e implementaron dentro del proceso fue la colocación de una cortina extra de aire ionizado dentro de la cabina. Este es el inicio de un análisis que se llevara a cabo posteriormente tomando en cuenta otros factores para el defecto del grumo que se deben de analizar.

Dentro del rubro de responsabilidad social empresarial encontramos:

1.- Reducción de 595 piezas enviadas a desecho en un periodo de 5 meses lo que equivale a 534 Kgs. de material. Este material habitualmente se confina para evitar un impacto al medio ambiente lo que equivale a una reducción de 1872 pesos tomando en cuenta únicamente las piezas desechadas por el problema de gota en lente.

2.- Impacto en la transversalización en los proyectos ya que cuando se tiene un nuevo proyecto se aplica la misma “receta” lo que nos llevaría con este diseño a la afinación de parámetros con la reducción esperada del 40% mínimo de desecho para cada proyecto.

Adicionalmente con respecto al aprendizaje y entrenamiento en los equipos, se debe reforzar el uso de la herramienta del diseño óptimo de experimentos para el establecimiento y mejora de los procesos.

V. Conclusiones

1.- De acuerdo con la hipótesis establecida podemos concluir que los factores más significativos en el proceso de barnizado para el control del problema de la gota en el lente son la densidad y la altura de la aplicación del barniz y el factor de aire ionizado es el menos significativo en nuestro estudio.

2.-El objetivo general de reducir la cantidad de piezas rechazadas por gotas de barniz en un 40% (460 a 276) se ha cumplido y excedido de acuerdo a la figura 22.

3.-Con los datos presentados en las figura 21 los resultados del valor P valúe de .1051 para la altura y de .2269 para la densidad, ambos son mayores a .05 lo que indica que la homogeneidad de nuestros datos es buena.

4.-De acuerdo a la figura 18 podemos confirmar que los datos manejados en nuestro diseño óptimo de experimentos se comportan normalmente por lo que nuestros datos mostrados son confiables.

5.- Podemos confirmar que realizando un diseño óptimo de experimentos disminuimos la cantidad de corridas de prueba ahorrando tiempo y dinero pero proporcionando los datos necesarios para definir conclusiones.

6.- Para el problema de grumos podemos concluir que el factor más significativo es el aire ionizado de acuerdo a los datos obtenidos del diseño óptimo de experimentos.

7.- La reducción de piezas enviadas a desecho por el proceso de barnizado nos da un valor agregado dentro del marco de responsabilidad social por la disminución de desechos químicos que esto genera y la apertura para que los nuevos proyectos puedan desarrollar los procesos con mayor margen de ganancia de cada uno de ellos.

Referencias bibliográficas

Allen, T. 2006. Introduction to engineering statistics and six sigma: statistical quality control and design of experiments and systems. Available from: <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=JZzMnkpU3FAC&oi=fnd&pg=PR21&dq=quality+%2B+process+%2B+six+sigma+%2B+thesis&ots=fGD0RqhTkt&sig=jSSNX52ROyy3kc1xy7Mpk39uco0>

Atkinson, A., and V. Fedorov. 1975. Optimal design: experiments for discriminating between several models. *Biometrika*.

Burdick, R., C. Borror, and D. Montgomery. 2005. Design and analysis of gauge R&R studies: Making decisions with confidence intervals in random and mixed ANOVA models. Available from: <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=yTMQRkuYCswC&oi=fnd&pg=PR1&dq=r%26r&ots=7ksd1cJAxL&sig=oGa8ifLGI2tVZ00--Fr0k2FquqM>

Cageao, R. A., LORENZO, J. M., & FRANKEN, K. (2004). Studies of Composites Made with Baypreg® F: Component Selection for Optimal Mechanical Properties. Bayer Material Science.

Díaz, A. (2009). Diseño estadístico de experimentos. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

Del Castillo, C. C., & Parragué, M. M. (2008). Responsabilidad social empresarial. Santiago.

Douglas, M. (2004). *Design and analysis of experiments*. (2nd ed., Vol. 1, p. 303). Brisbane, Singapur, Toronto and Weinheim: Limusa.

Evans, M., & Rosenthal, J. (2004). Probabilidad y estadística. La ciencia de la incertidumbre. Barcelona, España: Reverté.

Fraizer, R. L. (2001). U.S. Patent No. 20,010,055,215. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Forbes, A., & Fernando, L. (2011). Responsabilidad Social Empresarial. La República.

Gestermann, S., Köppchen, W., Krause, V., Möthraht, M., Pophusen, D. W., Sandquist, A., & Zöllner, O. (2005). Polycarbonate and its blends for car body parts. *ATZ worldwide*, 107(11), 22-24

Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2013). Control estadístico de la calidad y seis sigma. México: McGrawHill Education

Hakim, A., & Quintin, T. (2011). *Perfect qrqc*. (2nd ed., Vol. 1). Paris: Maxima Laurent Du Mesnil.

Lake, R. T. (1996). U.S. Patent No. 5,571,570. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Martínez, S. S., Ortega, J. G., García, J. G., & García, A. S. (2010). A Machine Vision System for Automated Headlamp Lens Inspection. *Vision Sensors and Edge Detection*, Gallegos-Funes F.(Ed). Coyo, USA., ISBN, 97, 8-953.

Montgomery, D. (2013). Diseño y análisis de experimentos. México: Limusa Wiley.

Moen, R., and C. Norman. 2006. Evolution of the PDCA cycle.

Moore, D. (2004). Estadística aplicada básica. España: Antoni Bosch, editor, S. A.

Pukelsheim, F. 1993. Optimal design of experiments. Available from:
https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=IUZmLj46gs8C&oi=fnd&pg=PR2&dq=optimal+design&ots=8ID0fic9qi&sig=9VJ4LaGOULoszUnM_Si-YeGCMvY

Red Spot, 2015. Automotive Lighting Market. Available from:
<http://www.redspot.com/markets/automotive-lighting.html>

Westgard, J. 2001. Six sigma quality design and control. Available from:
https://www.abbottdiagnostics.com/sal/flyer/2_10_40043_Quality_in_the_New_Millennium_Westgard_Excerpt.pdf

Apéndice A1

PC: Policarbonato

PDCA [Planear (P), Desarrollar (D), Controlar (C), Asegurar (A)].- Es la metodología usada por el Grupo Valeo para solucionar y documentar los problemas o acciones de mejora, el cual es la base para tratar los problemas en el presente documento.

FTA (Factor Tree Analysis).- El Diagrama de Factores es el análisis que se realiza para determinar las causa potenciales ó causa raíz de un problema, así como su no detección o fuga.

5 ¿Por qué? Es el análisis profundo de las causas potenciales para identificar la causa raíz del problema investigado

5W 2H: What, Who, Where, When, Why, How many, How

QRQC: Quick response quality control

VSI-EI-538: Valeo Sistemas de Iluminación-Estándar de Inspección 508

Cuadro mágico: documento que indica en que etapa de entrenamiento esta el operador (I, L, U, O)

I El operador es entrenado en los estándares de trabajo de la nueva estación. No puede trabajar sin la supervisión de un Tutor

L El operador respeta y aplica los estándares de trabajo, opera la máquina y/o estación sólo y trabaja con auto calidad.

U El operador realiza el trabajo con la habilidad y los tiempos establecidos (tiempo de ciclo) de la nueva estación de trabajo según los estándares de su estación o máquina y alcanza los objetivos de producción de su línea.

O El operador entrena por lo menos a otro operador en los dos primeros lados de alguna estación.

Matriz de Polivalencia: documento encontrado en cada línea de trabajo donde se puede revisar la Habilidad de un operador certificado para trabajar en varias estaciones de trabajo.

Alerta de calidad: Documento con el cual se informa a los operadores de los problemas reportados para su seguimiento y control.

Zonas A, B y C: Zonas en las que se divide la pieza plástica para su evaluación cosmética tomando en cuenta la posición de la pieza en el vehículo, zona A es la de mayor visibilidad, zona B es visible pero solo en algunos ángulos, zona C no es visible para nosotros como clientes finales.

Apéndice A2

Calibración del controlador de temperaturas.



Certificate of Calibration

Certificate Number: 220081222196603



Calibration CERT # 935.20

Customer:

VALEO SYLVANIA ILUMINACION
 AVENIDA DE LA MONTANA NO 102 PARQUE INDUSTRIAL QUE
 QUERETARO QUERETARO 76220

Date : Jul 24, 2014

Work Order : GTO-6017

MPC Control #:	CU6348	Serial Number:	N/A
Asset ID:	CAL-PLAN-327	Department:	N/A
Gage Type:	TEMPERATURE CONTROLER	Location:	ON SITE CALIBRATION
Manufacturer:	BABER COLMAN	Received Condition:	IN TOLERANCE
Model Number:	7SL 91130R00	Returned Condition:	IN TOLERANCE
Size:	0 - 1300 °F	Cal. Date:	Jul 16, 2014
Resolution:	1 °F	Cal. Interval:	
Temp./RH:	23°C / 40 % RH	Cal. Due Date:	

Micro Precision Calibration here by certifies that the above instruments meets or exceeds its published specifications, that its measurements and calibration procedures are compliant with ISO/IEC 17025:2005, ANSI/NC SL Z540, MPC Quality Manual, Calibration System, and customer requirements.

Micro Precision Calibration is certified and accredited under certificate number 935.03 for the Guadalajara Division, certificate number 935.20 for the Silao Division and certificate number 935.04 for the Tijuana Division. The calibration and measurement procedures use primary and secondary standards whose calibration is traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), Centro Nacional de Metrologia (CENAM) or other Standard Institute, to the International System of Units of measurement (SI). All Services performed have use proper manufacturer and industrial service techniques. The reported Expanded Uncertainty is based on a Standard Uncertainty multiplied by a coverage factor of k=2, providing a confidence level of 95%. This report may not be reproduced in part without written permission of Micro Precision's Quality Manager. The results herein relate only to the item calibrated.

Standards Used to Calibrate Equipment

I.D.	Manufacturer	Description	Model	Traceability Number	Cal. Due Date
BK9720	FLUKE	PROCESS CALIBRATOR	725	2200812136118	Jul 16, 2016

Procedures Used in this Event

Procedure Name	Description
NAVAIR 17-20ST-226	Temperature Controller



Certificate of Calibration

Certificate Number: 220081222196603



Calibration CERT # 935.20

Customer:

VALEO SYLVANIA ILUMINACION
 AVENIDA DE LA MONTANA NO 102 PARQUE INDUSTRIAL QUE
 QUERETARO QUERETARO 76220

Date: Jul 24, 2014

Work Order: GTO-6017

Test Points

Description	Nominal Value	Lower Limit	As Found	As Left	Upper Limit	Uncertainty	UOM
Temperature	0	-1	1	1	1	0.33	°F
	20	19	21	21	21	0.33	°F
	50	49	51	51	51	0.33	°F
	100	99	100	100	101	0.33	°F
	200	199	201	201	201	0.33	°F
	500	499	501	501	501	0.33	°F
	800	799	801	801	801	0.33	°F
	1,000	999	1,000	1,000	1001	0.33	°F
	1,100	1099	1,101	1,101	1101	0.33	°F
	1,300	1299	1,301	1,301	1301	0.33	°F



Certificate of Calibration

Certificate Number: 220081222196591



Calibration CERT # 935.20

Customer:

VALEO SYLVANIA ILUMINACION
 AVENIDA DE LA MONTANA NO 102 PARQUE INDUSTRIAL QUE
 QUERETARO QUERETARO 76220

Date: Jul 24, 2014

Work Order: GTO-6017

MPC Control #:	CU6347	Serial Number:	N/A
Asset ID:	CAL-PLAN-326	Department:	N/A
Gage Type:	TEMPERATURE CONTROLER	Location:	ON SITE CALIBRATION
Manufacturer:	BARBER COLMAN	Received Condition:	IN TOLERANCE
Model Number:	7SL911130R00	Returned Condition:	IN TOLERANCE
Size:	0 - 1600 °F	Cal. Date:	Jul 16, 2014
Resolution:	0.1°F	Cal. Interval:	
Temp./RH:	23.1°C / 40 % RH	Cal. Due Date:	

Micro Precision Calibration here by certifies that the above instruments meets or exceeds its published specifications, that its measurements and calibration procedures are compliant with ISO/IEC 17025:2005, ANSI/NC SL Z540, MPC Quality Manual, Calibration System, and customer requirements.

Micro Precision Calibration is certified and accredited under certificate number 935.03 for the Guadalajara Division, certificate number 935.20 for the Silao Division and certificate number 935.04 for the Tijuana Division. The calibration and measurement procedures use primary and secondary standards whose calibration is traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), Centro Nacional de Metrologia (CENAM) or other Standard Institute, to the International System of Units of measurement (SI). All Services performed have use proper manufacturer and industrial service techniques. The reported Expanded Uncertainty is based on a Standard Uncertainty multiplied by a coverage factor of k=2, providing a confidence level of 95%. This report may not be reproduced in part without written permission of Micro Precision's Quality Manager. The results herein relate only to the item calibrated.

Standards Used to Calibrate Equipment

I.D.	Manufacturer	Description	Model	Traceability Number	Cal. Due Date
BK9720	FLUKE	PROCESS CALIBRATOR	725	2200812136118	Jul 16, 2016

Procedures Used in this Event

Procedure Name	Description
NAVAIR 17-20ST-226	Temperature Controller



Certificate of Calibration

Certificate Number: 220081222196591



Calibration CERT # 935.20

Customer:

VALEO SYLVANIA ILUMINACION
 AVENIDA DE LA MONTANA NO 102 PARQUE INDUSTRIAL QUE
 QUERETARO QUERETARO 76220

Date : Jul 24, 2014

Work Order : GTO-6017

Test Points

Description	Nominal Value	Lower Limit	As Found	As Left	Upper Limit	Uncertainty	UOM
Temperature	0	-1	0	0	1	0.33	°F
	20	19	19	19	21	0.33	°F
	50	49	49	49	51	0.33	°F
	100	99	99	99	101	0.33	°F
	200	199	199	199	201	0.33	°F
	500	499	499	499	501	0.33	°F
	800	799	799	799	801	0.33	°F
	1,000	999	999	999	1001	0.33	°F
	1,100	1099	1,099	1,099	1101	0.33	°F
	1,300	1299	1,300	1,300	1301	0.33	°F

Apéndice A3

Certificado de calibración del densímetro



INFORME DE CALIBRACIÓN

Report of calibration

LABORATORIO DE METROLOGÍA: MAGNITUD DENSIDAD



Número de acreditación N° CEN-08. Fecha de acreditación 2011-05-18

REGISTRO No. (Report number) LDE-130055

DATES

FECHA DE RECEPCIÓN: (Reception) 2013-05-10

FECHA DE CALIBRACIÓN: (Calibration) 2013-05-24

FECHA DE EMISIÓN: (Issue) 2013-05-24

ORDEN DE SERVICIO: (Service No.) ONE131208

PAGINA: (Page) 1 DE 2

DATOS DEL PROPIETARIO (CUSTOMER INFORMATION)

PROPIETARIO: (Name) VALEO SYLVANIA ILUMINACIÓN S. DE R.L. DE C.V.
DIRECCIÓN: (Address) AV. LA MONTANA No. 102. PARQUE INDUSTRIAL QUERÉTARO. QUERÉTARO, QRO.

DATOS DEL INSTRUMENTO CALIBRADO (INSTRUMENT INFORMATION)

NOMBRE: (Description) DENSIMETRO DE INMERSIÓN (DENSIMETRO)
MARCA: (Manufacturer) BRANNAN UK NO. DE INVENTARIO: (Customer I.D.) LAB-035
MODELO: (Model) M100 INTERVALO DE MEDIDA: (Measurement interval) 1,000 A 1,100
No. DE SERIE: (Serial number) 03348014 RESOLUCIÓN: (Resolution) 0,002
REALIZADO EN: (Calibration carried out in) LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VOLUMEN, CIDESI

DATOS GENERALES DE LA CALIBRACIÓN (INSTRUMENT INFORMATION)

PROCEDIMIENTO DE MEDIDA: (Procedure) CID-PR-SC-MT-MTE-001 HUMEDAD RELATIVA: (Humidity) 64 % A 67 %
MÉTODO DE MEDIDA: (Method) MÉTODO DE CUCKOW PRESIÓN ATMOS.: (Atm. pressure) 820 hPa A 820 hPa
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN: (Temperature) 15,55 °C A 15,55 °C
TEMPERATURA DE REFERENCIA: (Temperature) 15,56 °C LÍQUIDO DE REFERENCIA: (Reference Liquid) AGUA DESIONIZADA
TRAZABILIDAD METROLÓGICA: (Metrological Traceability) PATRÓN NACIONAL DE DENSIDAD (CENAM)

DESCRIPCIÓN DE PATRONES EMPLEADOS (STANDARDS USED IN THIS CALIBRATION)

Table with 7 columns: No., DESCRIPCIÓN (Description), MARCA (Manufacturer), MODELO (Model), RESOLUCIÓN (Resolution), INCERTIDUMBRE DE MEDIDA (Uncertainty), VIGENCIA (Valid to). Contains two rows of calibration standards.

FORMATO DENSIDAD 2013

CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL

CID-F-02-MT-MTE-001-Rev. 04

LABORATORIO DE DENSIDAD
REALIZO: RESPONSABLE DE LA MAGNITUD DE DENSIDAD (Calibrated by) RICARDO MARTINEZ LAGUNA
APROBO: ING. DE PROYECTO DE METROLOGIA (Approved by) GUSTAVO MACIAS BICEIRO

Este informe de calibración ha sido emitido por el Laboratorio de Metrología de Densidad del CIDESI, acreditado por estar en signataria del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA) de la Cooperación Internacional de Accreditación de Laboratorios (ILAC) y de la Cooperación de Asia Pacífico para la Acreditación de Laboratorios (APLAC). El (los) resultado(s) de la calibración declarado(s) en este informe de calibración puede(n) ser empleado(s) internacionalmente a través de MRA (ILAC/APLAC).

Generando valor a través del Conocimiento

Este documento es válido sólo en original y con las correspondientes firmas y sellos. No se autoriza la reproducción parcial o total de este documento sin el permiso expreso del laboratorio.



Av. Playa Pie de la Cuesta 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro, 76130
Tel. (442) 211 9844 Directo, 211 9800 Comm. Ext. 1255, Fax: 211 9800 Ext. 1308
Correo: mwargas@cidesi.mx, gmacias@cidesi.mx



No. 24441



INFORME DE CALIBRACIÓN

Report of calibration

LABORATORIO DE METROLOGÍA: MAGNITUD DENSIDAD



Numero de acreditación N° CEN-06. Fecha de acreditación 2011-08-10

REG. No. (Report number) LOE-130055

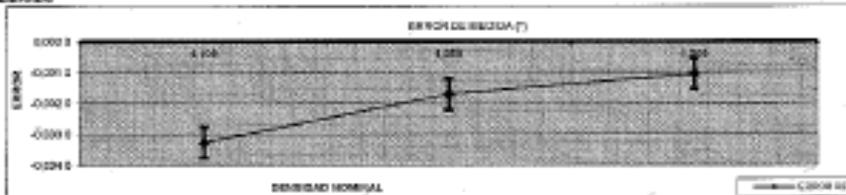
ORDEN DE SERV.: (Service No) OME131208

PAGINA: (Page) 2 de 2

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (RESULTS OF CALIBRATION)

VALOR NOMINAL (trazo calibrado)	RESULTADO DE MEDIDA Densidad a 15,56°C	ERROR DE MEDIDA (*)	INCERTIDUMBRE DE MEDIDA
GRAVEDAD ESPECIFICA	GRAVEDAD ESPECIFICA	GRAVEDAD ESPECIFICA	GRAVEDAD ESPECIFICA
1,100	1,103 3	-0,003 3	0,000 50
1,050	1,061 7	-0,001 7	0,000 50
1,000	1,001 1	-0,001 1	0,000 50

EL AJUSTE DEL MENISCO SE REALIZO PARA LIQUIDOS CLAROS, OBSERVANDO EL NIVEL DEL LIQUIDO HASTA VER UNA SUPERFICIE MAS PLANA POSIBLE EN EL TRAZO CALIBRADO



OBSERVACIONES

LOS RESULTADOS SE OBTUVIERON DEL PROMEDIO DE 6 MEDICIONES Y APLICANDO TODAS LAS CORRESPONDIENTES CORRECCIONES QUE LE APLICAN.

LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA POR EXTENSAS CONFORME A LA NORMA ISO-CH-19-00000, "GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES" Y SE DECLARA LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA CON UN FACTOR DE COBERTURA U, PARA UN NIVEL DE COBERTURA DE APROXIMADAMENTE 95,45%.

ES RESPONSABILIDAD DEL PROPIETARIO O USUARIO DETERMINAR LA VIGENCIA DE CALIBRACIÓN O MEDICIÓN DE ACUERDO A SU FRECUENCIA DE USO, MANTENIMIENTO Y PROGRAMA DE CALIBRACIÓN ESTABLECIDO.

ESTE INFORME SOLO AMPLIA LAS MEDICIONES REPORTADAS EN EL MOMENTO Y CONDICIONES AMBIENTALES Y DE USO EN QUE SE REALIZO ESTA CALIBRACIÓN.

EL USO DE LOS RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Quedan a discreción del Usuario.

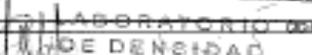
DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE MEDIDA UTILIZADO: EL MÉTODO SE CONOCE COMO "MÉTODO DE COCKING" O PRUEBA METEOROLÓGICA UTILIZANDO AGUA DESAERADA, CONSISTE EN DETERMINAR EL DIÁMETRO EN EL AIRE Y LA MASA DEL CONIMETRO PARCIALMENTE SUMERGIDO JUNTO AL TRAZO A CALIBRAR EN UN PATRÓN LÍQUIDO DE DENSIDAD. A PARTIR DE ESTAS MEDICIONES SE CALCULA LA DENSIDAD QUE INDICA EL TRAZO CALIBRADO.

(*) ERROR DE MEDIDA DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: DIFERENCIA ENTRE UN VALOR MEDIDO DE UNA MAGNITUD Y UN VALOR DE REFERENCIA (PARR-2-008-IND-2008)

1 VALOR MEDIDO DE UNA MAGNITUD: VALOR DE UNA MAGNITUD QUE REPRESENTA UN RESULTADO DE MEDIDA. (PARA ESTE INFORME DENSIDAD A 15,00°C)

• VALOR DE REFERENCIA: VALOR DE REFERENCIA. (PARA ESTE INFORME TRAZO CALIBRADO)

NOTA: EN ESTE TIPO DE SERVICIO NO SE ENTREGA ETIQUETA DE CALIBRACIÓN CON EL OBJETIVO DE EVITAR QUE ESTE RESULTADO EN EL INSTRUMENTO, CAUSANDO CON ESTO UN ERROR EN EL FUNCIONAMIENTO.



RICARDO MARTINEZ LAGUNA

REALIZO: RESPONSABLE DE LA MAGNITUD DE DENSIDAD (Calibrated by)

Este informe no es válido sin las correspondientes firmas y sellos. No se autoriza su reproducción parcial sin el permiso expreso del Laboratorio. (This report is not valid without the corresponding signatures and stamp and may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing Laboratory)

Av. Playa Pie de la Cuesta 702, Desarrollo Habitacional San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro., 78130

Tel.: (442) 211-99-00 extensión 1255, Fax 211-68-00 extensión 1290 e-mail: martinez@odesi.mx

Cualquier duda, comentario, sugerencia o queja es relación con este servicio, favor de comunicarse con preatenc@odesi.mx

Apéndice A4

Reporte de calibración data pack



LABORATORIO
METROLOGÍA
ACREDITACIÓN T-41

INFORME DE CALIBRACIÓN

Página 1/2

No. de Informe: CMT-13/3175
 Cliente: Valeo Sylvania Iluminación, S. de R.L. de C.V.
 Dirección: Av. De la Montaña, No. 102, Col. Parque Industrial,
 Querétaro, Querétaro, C.P. 76220.
 Fecha de emisión: 2013-11-06

DATOS DEL INSTRUMENTO

Instrumento:	Sistema Data Paq XL2 Termopar (6)
Marca:	Data Paq
Modelo:	T10060-4 / MP0060A
No. Serie:	23885 / 248206
Alcance de Medición:	-30 °C a 250 °C
Clave del Instrumento:	LAB-573
Requisitos Especificados por el Cliente:	Indicar Puntos de Calibración y Próxima Calibración

DATOS DEL PATRÓN

Patrón:	Sensor de Resistencia de Platino	Sensor de Resistencia de Platino
Marca:	Ruma Engineering	Hart Scientific
Modelo:	S98	8818
No. de Serie:	768223	825489
Clave:	CRPT-684	CRPT-805
Trazabilidad:	Hacia patrones nacionales mantenidos por CENAM	Hacia patrones nacionales mantenidos por CENAM
Informe:	CMT-13/6303	CMT-12/986
Calibrado:	2013-01-23	2012-11-15
Alcance:	-30 °C a 420 °C	-30 °C a 232 °C
Incertidumbre:	± 0,008 °C a ± 0,021 °C	± 0,068 °C a ± 0,362 °C

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Fecha de recepción:	2013-10-14
Fecha de calibración:	2013-11-05
Próxima calibración:	2014-11
Instructivo de calibración:	GT-3204-10 Calibración de Termómetros Analógicos, Termómetros Digitales de Lectura Directa, Termómetros de Líquido en Vidrio, Termómetros de Resistencia de Platino, Termopares y Caracterización de Medios Termométricos por el Método de Comparación.
Condiciones Ambientales de Medición	
Temperatura:	22,0 °C
Humedad Relativa:	46,0 % H.R.

CALIBRACIONES PROFESIONALES E INGENIERIA S.A. DE C.V.
 CAMINO REAL DE CALADQUM, 65 CD. LOPEZ MATEOS C.R. 58990 ATIZAPAN
 EDO. DE MEX. CONMUTADOR: TEL/FAX: ++52(55)5362-74 31 Y ++52(55)5362-74 39
 E-MAIL: info@calpro.com.mx SITIO: www.calpro.com.mx

INFORME DE CALIBRACIÓN

Página 22

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

TEMPERATURA NOMINAL °C	LECTURA PROMEDIO DEL INSTRUMENTO BAJO CALIBRACIÓN °C	LECTURA PROMEDIO DEL PATRÓN °C	LECTURAS DEL PATRÓN K	ERROR °C	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA °C
20.0	20.800	20.800	243.46	1.000	0.091
120.0	119.40	120.01	363.10	-0.61	0.37
230.0	243.70	243.95	523.00	-0.25	0.39

Nota: Los valores mostrados en la tabla son el resultado de un promedio de cinco mediciones por cada punto de calibración.

Factor de Conversión: $T_{(K)} = t_{(C)} + 273.15$

División Mínima:	0,1 °C
Resolución del Instrumento:	0,1 °C
Error máximo absoluto encontrado:	1,89 °C

Observaciones: Canal 6.

El cálculo de Incertidumbres está basado en la norma NMX-DH-140-IMNC-2002 "Guía para la Evaluación de la Incertidumbre en los Resultados de las Mediciones" y se expresa con un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45 % con un factor de cobertura de $k = 2$.

PROCEDIMIENTO RESUMIDO

Se instaló el sistema de calibración dejándolo estabilizar a las condiciones ambientales del lugar, se seleccionaron los puntos de calibración y posteriormente se realizó la calibración por el método de Comparación descrito en el instructivo correspondiente, tomando lecturas del patrón y del instrumento bajo prueba.

La calibración se realizó en las instalaciones de Calibraciones Profesionales e Ingeniería, S.A. de C.V.

TRAZABILIDAD

Los patrones y equipos de CaPro son trazables hacia patrones del Centro Nacional de Metrología y la conformidad del Sistema de Gestión se encuentra acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. con respecto a la norma ISO/IEC 17025 vigente y/o su equivalente mexicana.

ACREDITACIÓN

Laboratorio acreditado por emm para las calibraciones indicadas en el escrito con número de acreditación No. T-41, vigencia de acreditación a partir de 2012-04-10.

Este informe de calibración no puede ser reproducido en forma parcial sin la autorización por escrito de CaPro. Los resultados son válidos únicamente para el instrumento descrito y sólo bajo las condiciones en las que fue calibrado.

CALIBRÓ:
Nombre: J. Goñis Cobo Martínez
Puesto: Téc. Metrologo

APROBÓ:
Nombre: Francisco J. Santacruz Villada
Puesto: Coordinador de Ingeniería

Apéndice A6

AMEF de proceso actualizado

<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS </div>																			
PART NUMBER: ###		FMEA NUMBER: YS-AMEF-005		PROCESS RESPONSIBLE: ###		PREPARED BY: ###		REVISION DATE: ###											
ENGINEERING LEVEL: ###		DESCRIPTION: ###		EMISSION DATE (ORIG): ###		REVISION DATE: ###		REY: ###											
CORE TEAM: ###																			
N°	Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	S E V S S	C L A S S	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Current Controls		D R P N	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Actions Taken	Action Results						
							Prevention	Detection					S	O	D	R			
60	Lens Flow Coating	Drops	Cosmetic defect.	4		Flow coating application height Low temperature Low paint specific gravity Low flow rate at applicator Flow tube diameter	Maintenance check list Process Parameters Process Parameters Process Parameters Maintenance check list	7	84										