



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

**MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**  
**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**REALIZACIÓN DE UN PROCESO DE MEDIDA Y ENSAYO PARA  
LA FACTORÍA MICHELIN DE VALLADOLID**

Autor: D. Carlos Soto Sánchez  
Tutor: D. Ángel Manuel Gento Municio  
Tutor: D. Mariano Jiménez Sánchez

Valladolid, septiembre, 2019





Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

**MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**  
**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**REALIZACIÓN DE UN PROCESO DE MEDIDA Y ENSAYO PARA  
LA FACTORÍA MICHELIN DE VALLADOLID**

Autor: D. Carlos Soto Sánchez  
Tutor: D. Ángel Manuel Gento Municio  
Tutor: D. Mariano Jiménez Sánchez

Valladolid, septiembre, 2019

## RESUMEN

---

El presente trabajo muestra la realización completa de un proceso de medida y ensayo o PME, motivado este por la sustitución del muestreo manual realizado hasta la fecha en favor de una nueva implantación de un sistema de medida en continuo para la fábrica Michelin de Valladolid.

El PME pretende, dentro de la gestión de la calidad, y en su apartado de control estadístico de proceso, recabar toda la información de estado de un proceso junto a su sistema de medida, todo ello para unas condiciones concretas. La importancia de este conjunto de documentos recae en la necesidad de conocer la certidumbre sobre las medidas de una característica determinada, esto es que los datos obtenidos sean creíbles y certeros a la realidad, además de constatar que tanto proceso como sistema de medida cumplen con unos requisitos mínimos. Para esta documentación es necesario realizar distintos estudios estadísticos (estabilidad, tendencia lineal, R&R, capacidad de proceso, etc.) además de recabar toda la información descriptiva del proceso (CdC, parámetros técnicos, campo de aplicación, etc.).

El PME tiene gran importancia en el Grupo Michelin, ya que es un documento que valida la utilización del proceso para la fabricación para una característica principal determinada, de no existir PME no se permitiría la fabricación.

**Palabras clave:** Michelin, industria, control estadístico de proceso, aseguramiento de la calidad, sistema de medida.

## ABSTRACT

---

The present work shows a complete performance of a measurement and test process or PME in Spanish, motivated by the replacement of the manual sampling carried out to date in favour of a new implantation of a continuous measurement system for the Michelin factory in Valladolid.

The PME intends, within the quality management, and in its section of statistical process control, to collect all the status information of a process altogether with its measurement system, all for a specific condition. The importance of this set of documents lies in the need to know the certainty of the measures of a particular characteristic, that is, the data obtained are credible and true to reality, in addition to verifying that both, process and measurement system, achieves minimum requirements. For this documentation it is necessary to carry out different statistical studies (stability, BIAS, R&R, process capacity, etc.) in addition to collecting all the descriptive information of the process (CdC, technical parameters, field of application, etc.).

The PME is of great importance in the Michelin Group, since it is a document that validates the use of the manufacturing process for a particular main characteristic, if there is no PME, manufacturing would not be allowed.

**Key words:** Michelin, industry, statistical process control, quality assurance, measure system.



## **AGRADECIMIENTOS**

---

A Michelin por el apoyo dado en este proyecto, sin ellos no podría haber sido posible. Especialmente a Mariano Jiménez y Álvaro Cámara que me han ayudado en el apartado técnico de este trabajo.

Además, a la Universidad, más concretamente Ángel Manuel Gento, mi tutor en el trabajo, que me ha podido asistir en su desarrollo. También a Alfonso Castán y Pepe Candau por su ayuda y disposición en las primeras etapas del proyecto.

Por último y no menos importante a mi familia y amigos, que siempre me han apoyado en todo.

A todos muchas gracias.

# ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN .....	1
1.2 OBJETIVOS .....	1
1.3 ALCANCE .....	2
1.4 ESTRUCTURA DEL TRABAJO .....	3
CAPÍTULO 2. MICHELIN .....	5
2.1 INTRODUCCIÓN .....	5
2.1.1 Misión y objetivos .....	5
2.1.2 Valores y compromisos .....	6
2.2 HISTORIA DE MICHELIN .....	6
2.2.1 Historia del Grupo MICHELIN .....	6
2.2.2 Historia de MEPSA (MICHELIN ESPAÑA Y PORTUGAL S.A.) .....	7
2.3 GRUPO MICHELIN .....	8
2.3.1 Organización .....	8
2.3.2 Actividad e instalaciones del Grupo .....	10
2.4 MEPSA (MICHELIN ESPAÑA Y PORTUGAL S.A.) .....	11
2.5 Fábrica de Valladolid .....	13
2.6 ENTORNO PRODUCTIVO DEL PROYECTO .....	14
2.6.1 Departamento GQA/DMP .....	15
2.6.2 Perfil del Técnico MTP GQA .....	16
2.6.3 Producto: El neumático .....	16
2.6.4 Proceso de fabricación del neumático .....	18
2.6.5 Máquina de confección .....	19
2.6.6 Sistema de medida. Perfilómetro láser .....	21
CAPÍTULO 3. CALIDAD TOTAL. SPC. PME .....	25
3.1 INTRODUCCIÓN .....	25
3.2 CALIDAD TOTAL .....	25
3.2.1 Herramientas para la gestión de la calidad .....	27
3.3 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO (SPC) .....	29
3.3.1 Herramientas y conceptos SPC .....	30
3.4 CALIDAD CONCERTADA: PROCESO DE MEDIDA Y ENSAYO .....	34
3.4.1 Objetivos y finalidad del PME .....	34
3.4.2 Definiciones y elementos clave .....	34
3.5 ESTUDIOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS .....	35
3.5.1 Estudio estadístico de estabilidad .....	36

3.5.2	Estudio estadístico de tendencia y linealidad.....	36
3.5.3	Estudio estadístico R&R (3x3x10).....	36
3.5.4	Obtención de los indicadores de rendimiento %R y %M .....	37
3.5.5	Estudio estadístico de capacidad de proceso.....	38
CAPÍTULO 4. PROCESODEMEDIDAYENSAYO.PROCEDIMIENTO MICHELIN .....		41
4.1	INTRODUCCIÓN.....	41
4.1.1	Definiciones y elementos clave.....	41
4.2	ESQUEMA DOCUMENTAL.....	43
4.3	DIRECTRICES DEL GRUPO: OAQ06 .....	43
4.3.1	Introducción al proceso de medida y ensayo .....	44
4.3.2	Directrices sobre las etapas preliminares a la medida.....	46
4.4	PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE UN PME .....	47
4.4.1	Estudio de la necesidad .....	48
4.4.2	Preparativos previos a la medida.....	48
4.4.3	Toma de medidas .....	48
4.4.4	Estudio de estabilidad.....	49
4.4.5	Estudio de tendencia y linealidad.....	50
4.4.6	Estudio R&R - Reproducibilidad y Repetibilidad .....	51
4.4.7	Análisis de resultados. Índices de rendimiento %M y %R .....	53
4.4.8	Estudio complementario (capacidad de proceso y tasas de fugas y de falsos positivos).....	53
4.4.9	Cumplimentación del DVPM (dossier de verificación de medida y ensayo) ....	55
4.4.10	Cumplimentación del PME (proceso de medida y ensayo) .....	55
4.4.11	Validación por parte de la fábrica .....	55
4.4.12	Incorporación a la base documental .....	56
4.4.13	Estudio de robustez industrial .....	56
4.4.14	Homologación por parte del grupo.....	56
4.5	POSIBLES EVOLUCIONES Y PLANES DE ACCIÓN .....	56
CAPÍTULO 5. PROCESO DE MEDIDA Y ENSAYO. CASO PRÁCTICO.....		59
5.1	INTRODUCCIÓN.....	59
5.1.1	Antecedentes .....	59
5.1.2	Justificación.....	59
5.1.3	Objetivos .....	60
5.2	DESARROLLO.....	60
5.2.1	Estudio de la necesidad .....	61
5.2.2	Preparativos previos a la medida.....	61
5.2.3	Toma de medidas .....	62
5.2.4	Análisis estadístico de datos. Estudio de estabilidad .....	64

5.2.5	Análisis estadístico de datos. Estudio de tendencia y linealidad.....	65
5.2.6	Análisis estadístico de datos. Estudio R&R.....	65
5.2.7	Análisis y decisión sobre los índices de rendimiento %M y %R.....	66
5.2.8	Estudio complementario. Capacidad de proceso y tasas de fugas y falsos positivos .....	66
5.2.9	Cumplimentación de los informes del DVPM .....	68
5.2.10	Cumplimentación del PME .....	68
5.2.11	Validación por parte de la fábrica .....	68
5.2.12	Entrega de documentación a la gestora documental .....	68
5.3	ETAPAS POSTERIORES.....	68
CAPÍTULO 6. ESTUDIO ECONÓMICO .....		71
6.1	ETAPAS DEL TRABAJO .....	71
6.1.1	Preparativos previos al TFM.....	71
6.1.2	TFM: Planificación, formato y contenido .....	72
6.1.3	TFM: Formación y búsqueda de información general.....	72
6.1.4	PME: Formación y búsqueda de información.....	72
6.1.5	PME: Desarrollo completo en fábrica.....	73
6.1.6	TFM: Formación y búsqueda de información específica.....	73
6.1.7	TFM: Redacción y ajuste de contenidos .....	73
6.2	ESTIMACIÓN ECONÓMICA .....	73
6.2.1	Estimación monetaria del tiempo dedicado .....	73
6.2.2	Recursos utilizados.....	74
6.2.3	Coste en transporte .....	75
6.2.4	Coste total del proyecto.....	75
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS .....		77
7.1	CONCLUSIONES.....	77
7.2	FUTUROS DESARROLLOS .....	77
7.2.1	Técnica: Del muestreo por control estadístico a la industria 4.0 .....	77
7.2.2	Caso de estudio: Fases posteriores de la implantación en fábrica.....	78
CAPÍTULO 8. REFERENCIAS.....		81
ANEXO.....		85
A1.	ESTUDIO DE ESTABILIDAD - OAQ062016_v471 - (Obtención de $m_{stab}$ y $S_{stab}$ )	86
A2.	ESTUDIO DE TENDENCIA Y LINEALIDAD - OAQ062016_v471 - (Obtención de $m_{stab}$ y $S_{stab}$ ).....	87
A3.	ESTUDIO R&R (REPRODUCTIBILIDAD Y REPETIBILIDAD) - OAQ062016_v471 EN1 (Obtención de $S_{meas}$ , $U_{meas}$ , %M y %R) .....	88
A4.	ÍNDICES DE RENDIMIENTO - OAQ062016_v471 - (Obtención %M y %R).....	88
A5.	ESTUDIO DE CAPACIDAD - CEPEK - (Obtención de $C_p$ y $C_{pk}$ ).....	89

A6.	ESTUDIO COMPLEMENTARIO - ARTEMIS - (Obtención de tasa de fugas y de falsos positivos).....	89
A7.	DVPM – Síntesis de evaluación local .....	90
A8.	DVPM – Formalización de calificación local .....	91
A9.	DVPM – Plan de robustez industrial .....	93
A10.	DVPM – Certificación de validación.....	94



# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Toda empresa para ser competitiva necesita implementar la calidad en toda su organización. Dentro de la etapa de implantación de la calidad se encuentra la de control del proceso, entorno en que se desarrollará este trabajo.

El proceso de medida y ensayo, en adelante PME, es un conjunto de documentos que pretenden describir en su totalidad al sistema de medida de un proceso y una característica concreta. Para ello es necesario el uso de distintas herramientas estadísticas propias del control estadístico de procesos, SPC en sus siglas en inglés, dentro del entorno de gestión de la calidad.

Es imprescindible por tanto comprender y utilizar las distintas herramientas estadísticas sobre sistema de medida y sobre proceso (estabilidad, tendencia lineal, R&R<sup>1</sup>, capacidad de proceso, etc.).

Con el PME se obtienen unos índices descriptivos del proceso, que tienen como requisito estar por debajo de unos umbrales. En el caso de no cumplir con los requisitos se plantearán distintos planes de acción, que gracias a los estudios del PME se sabrán en donde enfocar.

Por último, es imprescindible la realización de esta documentación de cara al grupo, ya que de no existir esta para un proceso y característica contratos, no se permitirá su utilización para la fabricación.

## 1.2 OBJETIVOS

Los objetivos del presente proyecto coinciden en parte con los propios del PME. Por ello, se explicará brevemente este procedimiento para así conocer la finalidad de este y poner en valor sus objetivos. El PME en parte pretende ser una imagen fiel del estado actual de un proceso junto a su sistema de medida, y con este se es capaz de realizar mejoras gracias a los resultados obtenidos en los estudios. También, como objetivo último, es una documentación obligatoria que valida la utilización de la maquinaria para la producción de la característica medida estudiada (como por ejemplo una cota). El PME está enfocado en el sistema de medida y en producto final, no tanto las características propias de la máquina para la fabricación que afectarán de forma implícita en el producto.

Finalmente, para la realización de un PME será necesario:

- Familiarizarse tanto con la empresa como con el entorno productivo del trabajo.
  - Fábrica Michelin, actividad de turismo, taller, dpto. de calidad, etc.
  - Proceso productivo completo del neumático, tratamiento de las gomas y proceso involucrado en el trabajo (puesta de flanco).
  - Sistema de medida (perfilómetros láser).
- Conocer las directrices y requisitos del Grupo Michelin para la realización y gestión de un PME.
  - Criterios a cumplir y rangos de actuación.
  - Herramientas y procedimientos de utilización.

---

<sup>1</sup> R&R – Estudios estadísticos de Repetibilidad y Reproducibilidad.

- Definir los distintos parámetros tanto del sistema de medida como del proceso involucrado, para una característica principal determinada (cota, peso, color, etc.).
  - Datos técnicos de sistema de medida y producto (dimensiones, condiciones de funcionamiento, campo de aplicación, etc.).
  - Estudios estadísticos (estabilidad, tendencia lineal, R&R, capacidad de proceso, etc.).
  - Referenciar otras documentaciones descriptivas del entorno del proceso (método operativo, cuaderno de cargas, etc.), creadas estas por otros departamentos.
- Plantear planes de acción de mejora, con la información de estado obtenida, hasta ajustarse a los criterios del Grupo.

### 1.3 ALCANCE

Para la definición del alcance de este proyecto se va a realizar una segmentación, por un lado, lo relativo a la resolución del PME para la empresa, y por otro lado el desarrollo de este documento que engloba todo el proceso como se definen entorno, bases teóricas o costes entre otros.

#### **ALCANCE DEL PME (CASO PRÁCTICO)**

En cuanto a las partes involucradas, en primer lugar, se encuentra el Grupo MICHELIN que es el cliente, quien pide los procedimientos de forma obligatoria para asegurar la calidad deseada. El jefe del departamento de calidad será el responsable último de que este documento esté en regla. De una forma menos directa se encuentra el Técnico de calidad en SPC que es el encargado de la realización del estudio. Y por último de forma transversal se encuentran los departamentos internos de la fábrica (mantenimiento, metrología, calidad en taller, etc.) que serán los encargados de realizar los planes de mejora, o de crear nuevos métodos o elementos para así asegurar la calidad mínima requerida.

En cuanto al tiempo, se requiere que para el caso de estudio se realicen los estudios de forma prioritaria ya que de no contar con el PME no se podrá producir haciendo uso del nuevo sistema de medida. En este apartado no existe un límite de tiempo ya que se trabaja junto a otros departamentos en el desarrollo del sistema, y en varias ocasiones se deberá esperar según la disponibilidad del personal y de la producción. Se estima que en 2 meses se deberá tener operativo.

En cuanto a otros recursos necesarios, en cuanto a los utilizados en el PME, no se hace un uso destacable, en ocasiones se deberán crear plantillas pasadas por metrología, o se deberán realizar ajusten en máquina que realizará otro departamento. En cuanto al entorno de la calidad, se tiene que tener especial cuidado de no afectar en gran medida los tiempos de ciclo de producción, por lo que se elige realizar modificaciones, pruebas y medidas sobre máquina únicamente en las paradas programadas de mantenimiento preventivo.

#### **ALCANCE DEL PROYECTO**

Sobre las partes involucradas, en primer lugar, el autor del proyecto, para la correcta finalización de los estudios de Máster. Y por otro lado está la universidad de Valladolid como entidad que requiere de unas pruebas, proyecto y defensa de este, para asegurar que el alumno en cuestión cumple con la formación aportada. También se encuentra la empresa MICHELIN, que facilita parte de la información del proyecto, revisando que la información mostrada no sea



confidencial, además de ayudar como consultora para la correcta comprensión y posterior explicación de los procesos del PME.

En cuanto a la universidad, se encuentra por un lado el tutor del proyecto, que hace de guía para la correcta resolución de este. Y por otro lado otros agentes como el comité del título o la junta evaluadora, que se involucran en que se cumplan los requisitos de la universidad.

Sobre la empresa, se encuentra el tutor de prácticas, responsable del PME, que da toda su disposición a responder dudas. También el responsable del departamento de calidad, que asegura que la información extraída no sea confidencial, además de aconsejar varios cambios sobre información más general de la empresa, como pueden ser las funciones del departamento o de sus integrantes.

El tiempo requerido para la finalización del proyecto se encuentra limitado para principios de septiembre, con lo que se planifican las prioridades de búsqueda de información y realización del PME en su caso práctico, debido a que no se podrá disponer de la ayuda directa de la empresa a partir de mediados de agosto.

No se toman en cuenta otros recursos aplicados ya que el más limitante es el tiempo.

## **1.4 ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

El presente trabajo se dividirá en distintos capítulos donde se realizará una descripción desde lo general a lo particular. Finalmente se contará con un anexo donde se colocarán documentos propios del PME (informes y resultados de los estudios) necesarios para la correcta realización de las tareas explicadas durante el trabajo.

En próximos párrafos se tratará de explicar la finalidad de cada capítulo de forma breve.

- Se comienza con una introducción que trata de dar una visión general de la finalidad del documento, tanto aportando el trasfondo del PME, como de los objetivos que se pretenden con él y el alcance que se tiene.
- Para conocer el entorno del proyecto se hablará de la empresa MICHELIN. Se pone por tanto en conocimiento cómo es la empresa donde tiene lugar el estudio y de la cual se extrae toda la información técnica, necesario para poder seguir sus directivas y poder realizar el PME, objetivo último de este trabajo. Se muestra en este apartado tanto la misión y objetivos del Grupo, sus valores y compromisos, su historia, organización, datos descriptivos tanto del Grupo como de MEPSA (MICHELIN ESPAÑA Y PORTUGAL S.A.). También se describe el proceso involucrado en el estudio como el sistema de medida utilizado.
- Asentando las bases teóricas del proyecto, se hablará de la calidad total, el control estadístico de proceso y de los distintos estudios realizados. Se tratará de describir el entorno académico de las tareas y estudios comentados en este trabajo como su base teórica. Explica desde lo general (calidad total), pasando por una de sus vertientes (SPC, Control Estadístico de Proceso) y finalizando en los diversos temas tratados para la cumplimentación del PME. Se describen los distintos estudios estadísticos utilizados para describir sistema de medida y proceso (estabilidad, tendencia lineal, R&R y capacidad de proceso, etc.).
- A modo de introducción a las directivas de la empresa en cuanto a la forma de realización del PME se irán describiendo todos los pasos necesarios. Se explica paso a paso el

trasfondo teórico de cada uno de los apartados necesarios para la realización de los estudios e informes desde el punto de vista práctico de la empresa.

- Consecuentemente se tratará un caso práctico de realización de un PME para la factoría de MICHELIN en Valladolid. Se mostrarán paso a paso las decisiones realizadas y conclusiones que se extraen de los estudios, así como la complementación de la documentación. El caso práctico tratado consistirá en una nueva implantación de un sistema de medida automático que sustituirá el muestreo manual utilizado hasta entonces.
- Se tratarán las conclusiones y futuros desarrollos del entorno del PME y de los sistemas de toma de medida para el entorno de la calidad. En este apartado se extraen las conclusiones tras finalizar el proyecto. Además, se muestran futuros desarrollos en fábrica relacionadas con el proceso estudiado.
- Finalmente se realizará un estudio económico del proyecto. En este apartado se pondrá en valor todo el tiempo y recursos aplicados a la realización de todo el proyecto. Se desglosa en distintos apartados, desde tiempo dedicado a toma de medidas, reuniones y citas necesarias con responsables en máquina, como de tiempo de análisis de datos y cumplimentación de documentos.
- Al final del proyecto, en el anexo, se facilitarán distintos resultados de los estudios estadísticos para el caso práctico, como de sus informes DVPM<sup>2</sup> cumplimentados.

---

<sup>2</sup> DVPM – Dossier de Verificación de Proceso de Medida. Documento interno del PME.

## CAPÍTULO 2. MICHELIN

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Durante el siguiente capítulo se dará una visión en conjunto de cómo es Michelin, hechos por los que es conocido y otra información que la define. De forma introductoria, gran parte de la información es extraída de documentación propia de la intranet Michelin, [1] y [2], documentos de libre acceso para los trabajadores de la empresa.

Michelin se define como una empresa líder en el ámbito de la ayuda a la movilidad de bienes y personas, trabajando desde hace más de cien años en el sector de los neumáticos y proyectándose permanentemente hacia el futuro con una constante mejora continua.

Se encuentra entre las empresas con más volumen de mercado del sector del neumático, incluyendo los mercados de constructor y de repuesto.

Entre sus campos de aplicación se encuentra:

- Fabricación de neumáticos para turismo y camioneta, camión, agrícola, civil, moto, bicicleta, tren, avión, etc.
- Renovado o recauchutado de la banda de rodadura para neumáticos de camión.
- Desarrollo de la guía Michelin de restaurantes, donde se califican los mejores restaurantes en el mundo.
- Servicio ViaMichelin, mapa de carreteras con información de establecimientos y restaurantes. Es la versión informatizada de los antiguos mapas de carreteras con que contaban.

Por otro lado, cabe destacar que, aunque Michelin es una multinacional de ámbito internacional con sede en Clermont-Ferrand (Francia), en España se posiciona como MICHELIN ESPAÑA Y PORTUGAL S.A., contando esta con 4 centros de producción (Lasarte, Aranda de Duero, Vitoria y Valladolid), 1 centro de pruebas (Níjar-Almería), 1 dirección comercial y financiera (Tres Cantos-Madrid), 1 centro de distribución (Illescas-Toledo) y 1 agencia comercial (Lisboa).

#### 2.1.1 Misión y objetivos

##### MISIÓN

*“Ofrecer a la gente la mejor forma de avanzar”* es su lema y razón de ser, siempre innovando para ofrecer las máximas prestaciones, con la mejor seguridad y respetando en la medida de lo posible el medio ambiente.

Además, para MEPSA (MICHELIN ESPAÑA Y PORTUGAL S.A.) se tiene como misión la de adaptar la estrategia del Grupo al contexto local.

##### OBJETIVOS

- Crecimiento sólido y diversificado con la entrada en nuevos países emergentes, aumentando a su vez su oferta.
- Consolidación de la competitividad gracias a su diferenciación en productos.
- Rentabilidad económica y financiera duradera, permitiendo la realización de nuevas inversiones.
- Dinámica “Avanzar Juntos” como objetivo prioritario de estrategia.

### 2.1.2 Valores y compromisos

#### AVANZAR JUNTOS

Dinámica con que el Grupo pretende tanto reafirmar sus valores como presentar sus compromisos, que se espera cumplan tanto la empresa como sus miembros.

Con ella se pretende atraer y conservar el talento, transmitiendo la cultura y el saber hacer en todo el mundo. Proponiendo como clave de éxito la mejora continua.

#### COMPROMISOS SOCIALES

- Declaración de salud y seguridad.
- Compromiso en prevención de riesgos laborales.
- Declaración de calidad.
- Compromiso con el medio ambiente.
- Compromiso con la igualdad.
- Compromiso con la diversidad.

## 2.2 HISTORIA DE MICHELIN

### 2.2.1 Historia del Grupo MICHELIN

La información tratada durante este apartado es extraída de documentación de la intranet Michelin [3], junto a otras referencias contrastadas de internet [4]. Inicialmente se mostrarán momentos importantes para la empresa para luego mostrar los avances tecnológicos que ha ido consiguiendo.

#### SUCESOS IMPORTANTES PARA EL GRUPO

- Todo comienza en 1832 con la fundación de una fábrica de maquinaria agrícola y artículos de caucho de manos de Aristide Barbier y Edouard Daubrée, llamada “Barbier-Daubrée” y situada en Clermont-Ferrand (Francia). En 1889 cambia su nombre a “Michelin et Cie.” con la entrada como gerente de Edouard Michelin, nieto de Aristide Barbier.
- En 1898 aparece el que es ahora su imagen de empresa, Bibendum, o el muñeco Michelin como es conocido en España. Este lo desarrolló Edouard Michelin con la ayuda del dibujante O’Galop (Marius Rossillon).
- En agosto de 1900 se publica en Francia la primera guía Michelin, donde se mostraba información útil para cualquier viajero: consejos de uso y reparación de neumáticos, planos de diferentes ciudades, listado de gasolineras, de hoteles y de talleres.
- Tras declararse la guerra, en 1914 se comienza la fabricación de aviones Breguet. En la factoría de Carmes (Clermont-Ferrand) se fabrican 1.884 aparatos aéreos que se venden al gobierno a precio de costo. Además, se estudia la creación de una pista que permita el despegue aéreo en condiciones lluviosas en 1916. Se construye así en Aulnat, cerca de Clermont-Ferrand, la primera pista de aterrizaje de cemento del mundo.
- Michelin toma el control en 1935 de la sociedad Citroën con Pierre Michelin como presidente, ayudando a la venta de neumáticos. Michelin cede sus acciones de Citroën a Peugeot en 1974.

## PATENTES Y DESARROLLOS TECNOLÓGICOS

- Se crea el primer neumático desmontable de bicicleta en 1891, evitando así largos tiempos de reparación.
- En 1923 se crea el primer neumático que funciona a baja presión (2,5 bar), el “Confort” que puede recorrer 15.000 Km.
- Se patenta en 1930 el neumático con cámara incorporada, predecesor del tubeless actual.
- Se montan por primera vez neumáticos “en gemelo” en 1908, permitiendo el desarrollo de los primeros vehículos pesados.
- Se inventa una rueda de acero desmontable en 1913, precursora de la rueda de repuesto actual.
- En 1937 se crea el primer neumático ancho, que mejora sensiblemente la estabilidad a gran velocidad.
- Se patenta en 1946 el neumático de carcasa radial, que permite mayor estabilidad, comodidad y velocidad.
- En 1994 se crea la línea de neumáticos Energy, que gracias su cambio de composición en la banda de rodadura (de usar negro de humo se pasa a usar silicio), se consiguen mejores prestaciones, una mayor seguridad, menor consumo de carburante, mayor vida útil y menor impacto en el medio ambiente.
- En 1996 se desarrolla el concepto PAX System, un neumático indesllantable, con el cual aun con un pinchazo el vehículo puede seguir rodando.
- En 2003 se crea el primer neumático agrícola a baja presión constante, el MICHELIN XeoBib.
- En 2015 se desarrolla la línea de neumáticos “CrossClimate”, neumático de verano con certificación para su uso en condiciones invernales, aúna así las buenas prestaciones tanto del neumático de verano como del de invierno.
- En 2019 se desarrolla junto a General Motors la primera rueda sin aire que asegura que no existan pinchazos.

### 2.2.2 Historia de MEPSA (MICHELIN ESPAÑA Y PORTUGAL S.A.)

La información tratada a continuación ha sido extraída de referencias de la intranet de MICHELIN, [1].

MICHELIN llega a España en 1909 con la apertura de una oficina comercial en Madrid en la calle Sagasta.

Es ya en 1934 cuando se abre la primera fábrica en la península, en Lasarte (Guipúzcoa), a 10km de San Sebastián. Esta fábrica comenzó a elaborar neumáticos para turismo, y posteriormente neumáticos de bicicleta, parches de reparación, cámaras de aire, disoluciones, etc.

La segunda fábrica MICHELIN será la de Vitoria en 1966, dedicada a la fabricación de neumáticos de obras públicas. Entre 1966 y 1970 el centro empezaría a fabricar además neumáticos para turismo y confección de productos semiterminados (mezclas de goma, cables, aros, tejidos metálicos...).

En 1970 arranca la fábrica de Aranda de Duero, especializada en cubiertas de camión, produciendo conjuntos neumáticos completos (llanta, cubierta, válvula, chip, masa de equilibrado y rueda a presión).

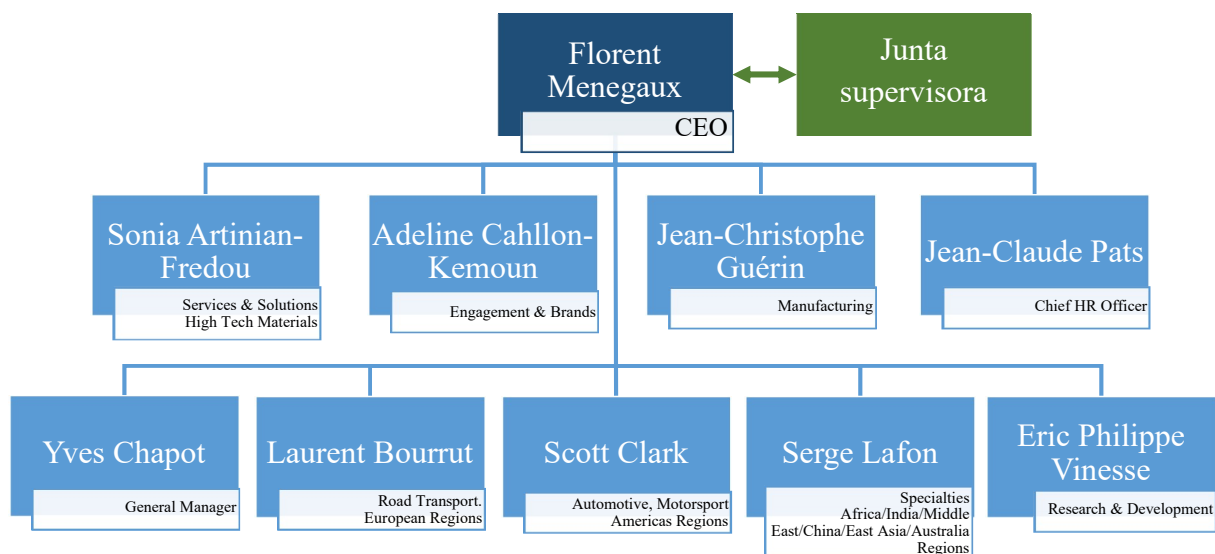
Finalmente, en 1973 se abren los dos últimos centros del mapa actual de MEPSA, el centro de experiencias de Almería (CEMA) y la fábrica de Valladolid. CEMA es uno de los centros de ensayo más importantes del mundo para el Grupo, en este se prueban diversas líneas de producto, como son los neumáticos de camión, obras públicas, tractor, turismo y avión. Por otro lado, la fábrica de Valladolid comienza su actividad con la elaboración de neumáticos de turismo para el mercado norteamericano y dos años más tarde para el europeo. Esta misma fábrica, años más tarde, crece con la entrada de nuevas actividades (fabricación de mezclas, neumáticos para agrícola, neumáticos para camión y renovado de banda de rodadura de camión).

Para finalizar la configuración actual de MEPSA, en 1974 nace la compañía Luso Pneu de MICHELIN en Portugal. Con ella comienza un fuerte despliegue en el mercado portugués que, con el ingreso del país en la Unión Europea, y su consiguiente eliminación de aranceles, ayuda a la compañía a crecer aún más en su mercado.

## 2.3 GRUPO MICHELIN

### 2.3.1 Organización

En la actualidad el grupo está gobernado por **Florent Menegaux** como su CEO (Chief Executive Officer) y asistido por el comité ejecutivo del grupo (compuesto por 9 miembros). Dada la importancia del comité ejecutivo, en la Fig. 1 mostrada a continuación, se esquematizan tanto sus miembros como sus áreas de negocio (referencias en la intranet MICHELIN [5] y [6]):



*Fig.1 Organigrama del comité ejecutivo del Grupo.*

El CEO es el encargado tanto de gestionar como de administrar la compañía, seguido siempre de cerca por la junta supervisora.

Por otro lado, por parte del Grupo, para poder llevar un control más exhaustivo se segrega la dirección en distintas direcciones operativas (extraído de la intranet MICHELIN, referencia [7]):

- Manufacturera.
- De compras.
- Experiencia del comprador.
- Cadena de suministro.
- Investigación y desarrollo.
- Desarrollo de servicios tecnológicos.
- Garantía de calidad en operaciones.
- Servicios operacionales de corporación y negocio.

Además, debido al ámbito mundial del grupo se han dividido las operaciones según 10 regiones, mostradas en la Fig. 2 (información extraída de la intranet MICHELIN, referencia [7]).



**Fig. 2** Regiones diferenciadas por el Grupo MICHELIN.



### 2.3.2 Actividad e instalaciones del Grupo

Entre sus líneas de negocio, referencia [7] de la intranet MICHELIN, se encuentra:

- Fabricación de neumáticos B2C<sup>3</sup> marca *MICHELIN* para turismo y camioneta, de R15, R16, R17 y R18, destacando las gamas de verano *ENERGY*, *PILOT* y *PRIMACY*, de invierno *ALPIN*, y para todo el año *CROSSCLIMATE*.
- Fabricación de neumáticos B2C para marcas regionales de turismo y camioneta. Son submarcas del Grupo como *BFGoodrich*, *Kleber*, *Uniroyal*, *Recamic* o *Pneu Laurent*.
- Fabricación de neumáticos para vehículos de dos ruedas (bicicleta y motocicleta).
- Fabricación de neumáticos destinados directamente a fabricante.
- Fabricación de neumáticos para vehículos no destinados a carreteras, como son los agrícolas.
- Fabricación de neumáticos para avión.
- Fabricación y renovado de neumáticos para transporte de larga distancia, camión de gran carga.
- Fabricación de neumáticos para transporte urbano, camión de pequeña carga.
- Fabricación de neumáticos para civil de R57 y R63 para dumpers rígidos.
- Fabricación de materiales de alta tecnología.
- Desarrollo de software de experiencias para la movilidad.
- Desarrollo de servicios y soluciones.
- Distribución y logística.
- Deportes de motor.

### INSTALACIONES

Externamente los centros se dividen en cuatro apartados:

- **Comercio.** Llevan a cabo principalmente tanto ventas como servicio post venta.
- **Industrial y prevención.** Realizan la producción de toda la gama de productos.
- **Investigación, desarrollo e industrialización.** En estos centros se realiza la investigación de nuevas gamas de producto además de los desarrollos y tests para productos en fabricación. Existen únicamente cinco centros: Ladoux (Francia), Almería (España), Laurens (USA), Beijín (China) y Tailandia.
- **Logística y cadena de suministros.** Cada línea de producto se sirve al mercado desde una de las siguientes tres redes de distribución asociadas a MICHELIN: Euromaster en Europa, TCI (Tire Centers Incorporated) en Estados Unidos y TYREPLUS para el resto.

### TCE - LÍNEAS DE PRODUCTOS, MARCAS Y SUBMARCAS

Para el área TCE (turismo y camioneta) y centrándose únicamente en la marca principal, MICHELIN, la línea de productos se puede definir por la mostrada a continuación, pudiendo existir iteraciones entre ellas, como Latitude Alpin.

- **ENERGY** (verano) → Aúna buena calidad/precio, durabilidad y bajo consumo de carburante.
- **PRIMACY** (verano) → Se caracteriza por su seguridad tanto en frenada en seco y mojado como en su adherencia en mojado.

---

<sup>3</sup> B2C - Business to Consumer (Negocio a consumidor). Se trata del mercado de remplazo.



- **PILOT SPORT** (verano) → Destinado a vehículos de carácter deportivo y gran potencia.
- **CROSSCLIMATE** (todo el año) → Homologado para condiciones invernales y buenas prestaciones todo el año.
- **ALPIN** (invierno) → Para condiciones invernales adversas.
- **DIAMANTIS** (verano) → Especializado en SUV y 4x4.
- **LATITUDE** (verano-invierno-todo el año) → Especializado en SUVs<sup>4</sup>.
- **AGILIS** (verano-invierno-todo el año) → Especializado en furgoneta y autocaravana.

Además, la empresa fabrica neumáticos de otras marcas regionales o submarcas, como las mostradas en la Fig. 3, entre otras.



*Fig.3 Marca Michelin, junto a otras submarcas que fabrica el Grupo*

## 2.4 MEPSA (MICHELIN ESPAÑA Y PORTUGAL S.A.)

La información mostrada en este apartado se ha extraído de la referencia [2] de la intranet MICHELIN.

En España se trabaja la mayor parte del catálogo de línea de productos MICHELIN, neumáticos para moto, civil, turismo y camioneta, agrícola, camión, semiterminados, etc. Más de la mitad de los neumáticos producidos son exportados al extranjero. Consta con más de 7.000 personas y la producción supera las 4000.000Tn.

Los centros en la península se distribuyen en: industria, R&D, comercio y distribución. La ubicación de estos se muestra en la Fig. 4 mostrada a continuación.



*Fig.4 Distribución de centros MICHELIN en la península.*

<sup>4</sup> SUV – Sport Utility Vehicle o Vehículo Utilitario Deportivo. Se trata de un automóvil que combina elementos de todoterreno y turismo.

Cada uno de estos centros de producción son distintos en cuanto a las actividades desarrolladas en estos. Las principales actividades realizadas en MEPSA son:

- **2R/I** – Dos ruedas (Lasarte).
- **MAT/RM** – Refuerzos metálicos (Vitoria).
- **MAT/SF** – Semiterminados (Valladolid y Vitoria).
- **TCE/I** – Turismo y camioneta (Valladolid y Vitoria).
- **AG/I** – Agrícola (Valladolid).
- **PLE/R/I** – Renovado de camión (Valladolid).
- **PLE/I** - Camión (Aranda de Duero).
- **GC/I** - Ingeniería Civil (Vitoria).
- **CTE/GS2** – Centro de tecnologías/Grupo Soporte 2 (Almería).

A continuación, se tratará de dar una visión general de cada uno de los centros de la península, incluyendo ubicación, año en que comenzaron actividad y actividad, junto a su volumen de empleados.

## **INDUSTRIA**

**LASARTE-ORIA (Guipúzcoa) - 1934**

- Fabricación de neumáticos de moto y semi-terminados: tejidos textiles, tejidos metálicos y membranas.
- 529 empleados (2018).

**VITORIA-GASTEIZ (Álava) - 1966**

- Fabricación de neumáticos de turismo, ingeniería civil y semi-terminados: gomas, refuerzos metálicos y aros.
- 3.419 empleados (2018).

**ARANDA DE DUERO (Burgos) - 1970**

- Fabricación de neumáticos camión y metro et semi-terminados: tejidos metálicos y aros.
- 1.400 empleados (2018).

**VALLADOLID - 1973**

- Fabricación de neumáticos de turismo, agrícola, recauchutado de camión y semi-terminados (gomas).
- 1.762 empleados en fábrica (2018).
- 121 empleados en Oficinas Generales (2018).

## **INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

**CEMA - Níjar (ALMERÍA) - 1973**

- Ensayos de neumáticos de turismo, camión, agrícola, obras públicas y avión.
- 4.500 hectáreas de superficie.
- Más de 100 km de pistas.
- 245 empleados (2018).

## COMERCIO

TRES CANTOS (MADRID) – 2001 – Dirección Comercial

LISBOA – 1974 – Agencia Comercial en Lisboa

- 378 empleados (2018).
- Red de ventas con más de 150 comerciales (Ruta).

## DISTRIBUCIÓN

ILLESCAS - 2016

- 72.000 m<sup>2</sup>
- 200 empleados (personal interno y externo) (2018).

### 2.5 Fábrica de Valladolid

Esta se encuentra en el polígono del Cabildo, en la parte noroeste de la ciudad de Valladolid, al lado del río Pisuega. Cuenta con cerca de 0.55km<sup>2</sup> de superficie total, siendo 0.4km<sup>2</sup> propios de la actividad y el resto para aparcamientos y actividades sociales destinados al personal. Una vista aérea de la fábrica junto a sus principales actividades se muestra en la Fig. 5.



*Fig.5 Vista aérea de la fábrica Michelin en Valladolid.*

En la actualidad en la fábrica se realizan las siguientes actividades:

- Fabricación de neumáticos para turismo y camioneta para las líneas de producto de la marca principal para radios de 16, 17 y 18 pulgadas.
- Fabricación de neumáticos para vehículos agrícolas.
- Fabricación de semiterminados (mezclas de goma).
- Renovado de banda de rodadura para camión.

Además, se cuenta con oficinas generales, que controlan la actividad industrial de la península. En estas oficinas se realizan los siguientes servicios:

- Compras.
- Finanzas.
- Personal.
- Marcas y relaciones exteriores.
- Sistemas de información.
- Logística.
- Oficinas de ingeniería.
- Comunicación.
- Prevención y medioambiente.

El presente trabajo se desarrolla dentro de la actividad TCE (turismo y camioneta), para el departamento de garantía y calidad. Durante el transcurso de este será necesario el desplazamiento a máquina dentro del taller. Durante el próximo apartado se tratará dar una visión más específica de la fábrica en lo relacionado al trabajo realizado.

## 2.6 ENTORNO PRODUCTIVO DEL PROYECTO

Inicialmente se explicarán las zonas físicas de importancia para el desarrollo de este trabajo para luego explicar de forma global el producto y el proceso completo para su formación. Para terminar, se explicará ya de forma específica el proceso estudiado en el PME, como de su sistema de medida.



**Fig 6** Vista aérea de la fábrica Michelin en Valladolid, junto a las áreas clave tratadas durante el proyecto.



Atendiendo a la Fig. 6, las áreas y zonas de fábrica donde tendrá lugar el proyecto serán:

- **Actividad de turismo y camioneta (TCE).** Es el área productiva, dentro de esta se realizan todas las operaciones desde la creación de semiproductos específicos de la actividad (bandas de goma), hasta terminar con la cocción de las ruedas terminadas.
  - **Máquina de confección.** Será la máquina sobre la que se realizará la implantación del nuevo sistema de medida, objeto de estudio para realización del PME de este proyecto.
- **Departamento de garantía y calidad (GQA).** Es el departamento del que forma parte el Técnico MTP<sup>5</sup> GQA, encargado de la realización del PME.

### 2.6.1 Departamento GQA/DMP

Dentro del departamento de garantía y calidad (GQA), encargado de la correcta implantación en fábrica de las directivas de calidad del Grupo, se encuentra el grupo DMP (Definición de Métodos y Producto) del cual forma parte el Técnico MTP GQA.

Dentro del grupo DMP existen 4 perfiles profesionales:

- **Técnico Función Producto.**
  - Responsable de la industrialización y desarrollo de productos. Es el que decide los referenciales geométricos de todos los subproductos de la línea productiva, para que una vez finalizada la fabricación del producto final este se ajuste a los requerimientos de calidad impuestos por el Grupo. Además de la industrialización de productos (diseño inicial de los referenciales hasta que el producto final se ajuste a lo esperado), debe llevar un seguimiento sobre los referenciales geométricos, para que a lo largo del tiempo los productos sigan cumpliendo con la calidad que se espera de ellos.
- **Técnico Materia.**
  - Su misión es parecida a la del Técnico en Función Producto, salvo que en lugar de gestionar la geometría de los productos gestionan su composición. Gestionan las mezclas que debe tener cada uno de los subproductos de la línea productiva para cada una de los modelos de neumático producidos.
- **Técnico Métodos.**
  - Se encarga de la aplicación del dominio de proceso en la actividad. Entre sus tareas está la gestión de necesidad de recursos relacionados con su departamento (financiera, material, etc.) o la de la gestión de los AMFE<sup>6</sup> de proceso entre otras.
- **Técnico MTP GQA.**
  - Es el encargado del control sobre los procesos en el ámbito MTP con la ayuda del control estadístico de proceso. Para ello hace uso de las cartas de control, donde se puede visualizar de forma rápida el estado de un proceso. Entre sus objetivos está la de mejora de procesos en fábrica.
  - Es a su vez responsable técnico de medidas, apartado en el que tiene lugar este trabajo. En este perfil tiene como objetivo el despliegue y seguimiento de los PMEs, además de todas las tareas que esto implica.

Además, cabe destacar que todo el departamento vela por evitar la pérdida de recursos en el proceso productivo de la actividad, para lo que llevan un control de estos con el uso de distintas herramientas de gestión de la calidad (diagramas de Pareto, de control, etc.) para así poder visualizar la información necesaria (defectos, no conformidades, etc.) y poder así realizar acciones de mejora según se requiera.

---

<sup>5</sup> MTP - Maîtrise Totale du Procédé o Dominio Total de Proceso.

<sup>6</sup> AMFE – Análisis Modal de Fallos y Efectos. Es una herramienta de la gestión de la calidad.

### 2.6.2 Perfil del Técnico MTP GQA

Es el responsable del dominio total de proceso (MTP) por parte del departamento de garantía y calidad. Existen otros perfiles MTP dentro de la fábrica como el que se encuentra en el taller, que enfoca sus esfuerzos a un área más concreta de máquinas, mientras que el del perfil en GQA destaca por gestionar toda la actividad, traduciendo las directivas del Grupo al contexto local de la fábrica.

De forma resumida sus tareas incluyen:

- Gestionar los medios materiales y técnicos puestos a su disposición, para alcanzar los objetivos y el progreso de los resultados de Calidad de las medidas realizadas en el taller.
- Asegurar la aplicación de las buenas prácticas de Calidad de MMW<sup>7</sup> y de su entidad en su dominio de responsabilidad.
- Proporcionar al taller los referenciales de obtención y verificación para asegurar una producción conforme a los objetivos de calidad.
- Asistir al taller para solucionar los problemas de calidad de la medida.

De forma complementaria, dentro del entorno MTP, se le ha encomendado la tarea de gestionar el perfil de Método Medida, donde las tareas de este se resumen en:

- Responsable del despliegue de PME, su seguimiento y dominio.
- Respetar las disposiciones del sistema de Aseguramiento de la Calidad (OAQ06) y del sistema de Gestión Medioambiental y de P.R.L., siendo responsable de la incidencia de su trabajo en la calidad del producto, en la Seguridad y en el Medio Ambiente.

### 2.6.3 Producto: El neumático

De entre la línea de producto del Grupo, el neumático es su producto estrella. Cuenta con más de doscientos materiales y más de treinta productos semiterminados. Debido a la competitividad de mercado y de sus crecientes exigencias en prestaciones es necesaria de una tecnología punta en continua mejora.

En este apartado se tratará de dar una visión general de qué es un neumático, sus características y sus partes más importantes.

## **FUNCIONES DEL NEUMÁTICO**

El neumático tiene como finalidad la de dotar a los vehículos de un medio para interactuar con la superficie inferior en contacto. De esta forma se deben dotar a estos de distintas funcionalidades:

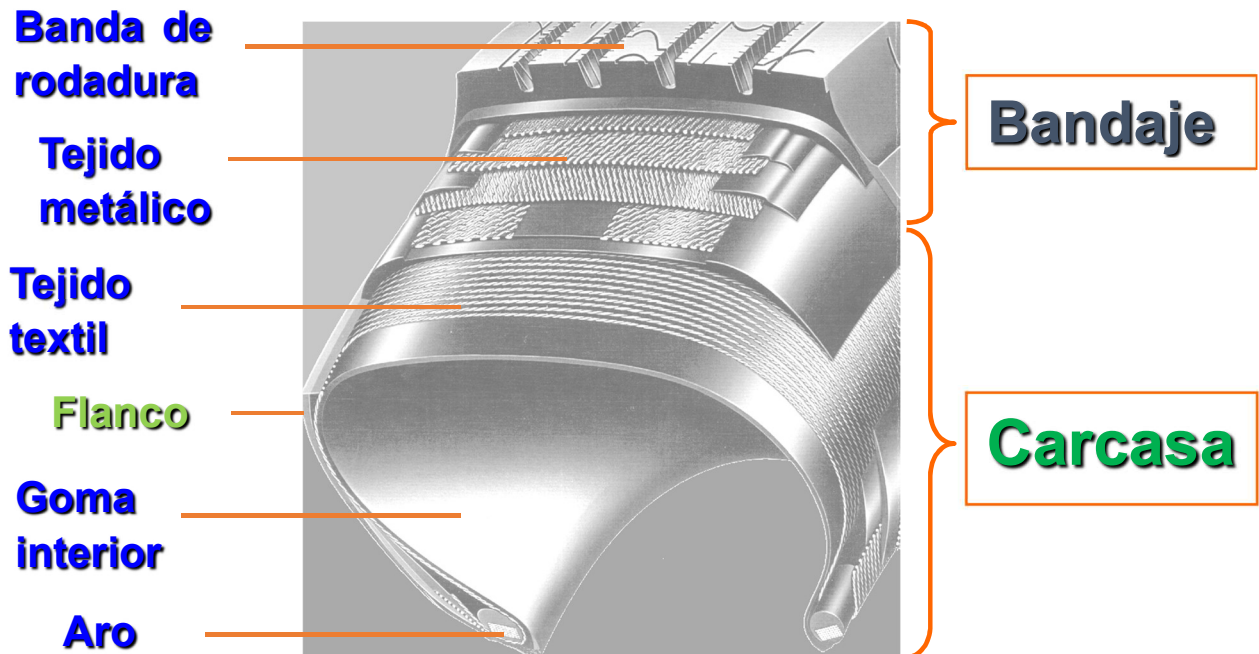
- Soportar tanto el peso estático y dinámico del propio vehículo.
- Guiar al vehículo dirigiéndolo mediante el agarre en el giro.
- Transmitir el movimiento lineal con ayuda del sistema de motorización.
- Absorber tanto ruido como impactos con el suelo.
- Durar frente al desgaste tanto de utilización como de los elementos.
- Otros. Aspecto, precio, impacto en el medio ambiente, etc.

---

<sup>7</sup> MMW - Michelin Manufacturing Way (la forma o manera de manufacturar de Michelin)

## PARTES IMPORTANTES DEL NEUMÁTICO

Sobre la Fig. 7 mostrada a continuación se muestran los componentes más utilizados en la creación de un neumático estándar, extraído de la referencia [8] obtenida de la intranet MICHELIN. De esta se debe destacar que se harán futuras referencias sobre el flanco y la carcasa.



*Fig.7 Partes principales de un neumático.*

- **Bandaje.** Contiene todas las partes que tienen como funcionalidad la de adherirse al terreno, transmitiendo la potencia motora y absorbiendo deformaciones (por aceleraciones y giros).
  - **Banda de rodadura.** Es la que tiene contacto directo con el terreno y la que se desgasta gradualmente con este. Proporciona la adherencia.
  - **Tejidos metálicos.** Se trata de dos tejidos de fibra metálica dispuestos de forma oblicua y en dirección opuesta, formando así una distribución triangular que aguanta los esfuerzos de cizalladura propios de los giros. Permite a la BdR dotarla de cierta rigidez para aguantar mejor el desgaste y la manejabilidad en giro y transmisión de movimiento. Existen casos en los que se añade un tercer tejido metálico.
- **Carcasa.** Contiene las partes que dan soporte entre neumático y llanta. En este se encuentra principalmente el aro, lugar donde se dan la vuelta distintas capas, confiriéndolo con un buen agarre.
  - **Aro.** Permite la perfecta unión con la llanta, evitando fuerzas que puedan distender la goma, además de evitar que el aire a presión se salga por la unión neumático-llanta. Además, sirve de sujeción a las distintas capas de gomas que por él pasa.
  - **Goma interior.** Es la capa que dota de estanqueidad del aire al neumático, debido a compuestos butílicos. Cabe destacar que las demás gomas del neumático son porosas al aire.
  - **Tejidos textiles.** Tejido textil en disposición radial que permite al neumático operar con una alta presión sin deformar con ello las gomas, pudiendo así aguantar de forma

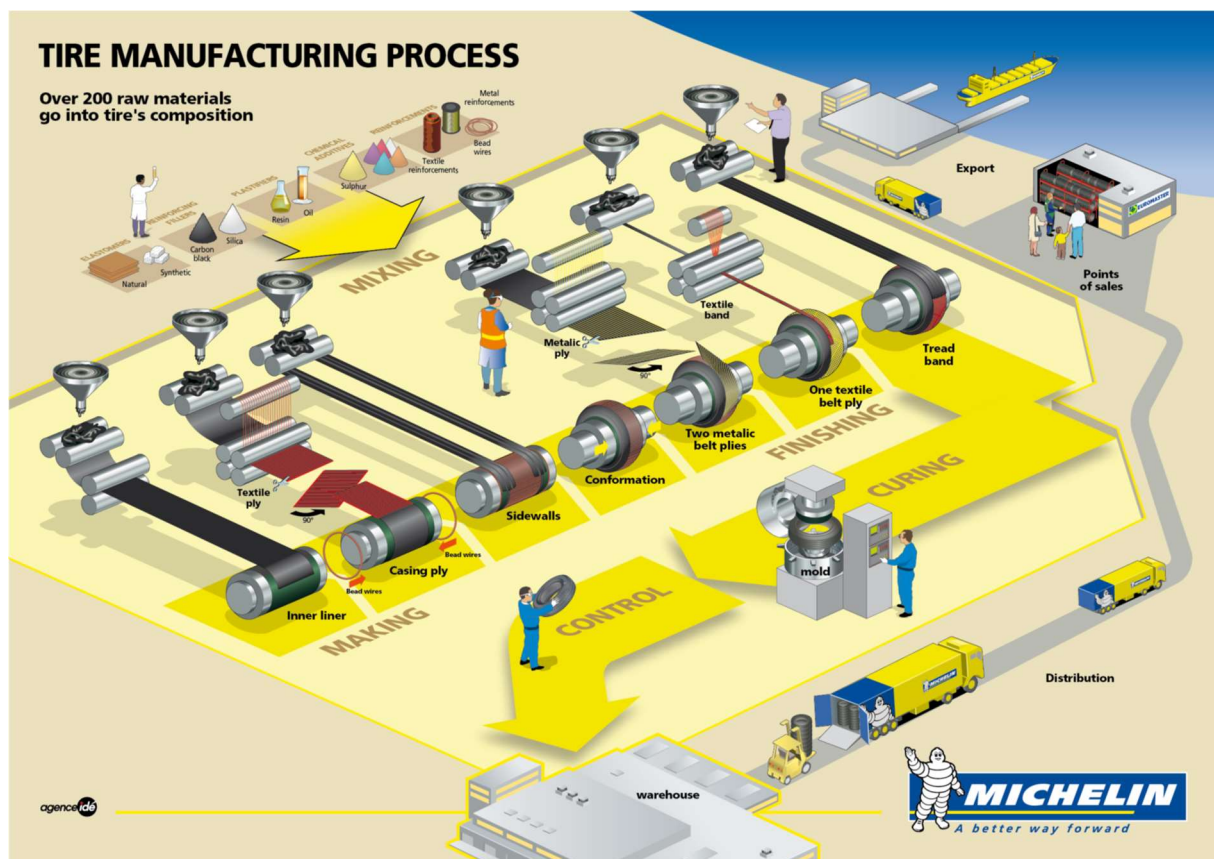
efectiva el peso del vehículo. Por redistribución de esfuerzos ayuda a la transmisión de esfuerzos y giros.

- **Flancos.** Es una goma flexible que absorbe los impactos del terreno y une la cima con la llanta. Además, protege al neumático de posibles golpes como puede ser con un bordillo.

Para el desarrollo del PME tratado en este trabajo se hará referencia al flanco como subproducto, y se estudiará el proceso y sistema de medida involucrado en su puesta para la formación de la carcasa.

#### 2.6.4 Proceso de fabricación del neumático

En este apartado se tratará de explicar los pasos seguidos por los productos semiterminados, desde la materia prima hasta la formación final del neumático. En la Fig. 8 mostrada a continuación se puede observar de forma esquemática todos los procesos por los que pasan los subproductos. La información ha sido extraída tanto de la intranet MICHELIN, [9], como de experiencia propia al preguntar a distinto personal de fábrica.



*Fig 8* Proceso de manufacturación del neumático.

Cada uno de los pasos de manufactura por la que pasan los subproductos se explica a continuación:

- **Mezcla de gomas (Fábrica Z)**
  - Mezcla de componentes para formar las distintas mezclas de goma de forma bruta para su uso como semiterminado en siguientes etapas. Únicamente se trata de mezclas

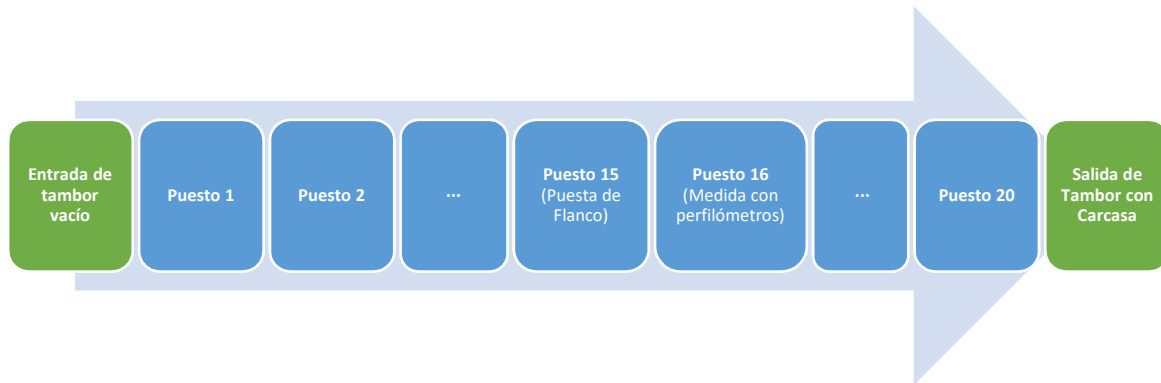


homogéneas sin uso de procesos químicos. Entre las materias primas utilizadas se encuentra el caucho (natural y sintético), negro de carbono, sílices, resinas, aceite y aditivos como el azufre.

- **Creación de otros semiterminados**
  - Creación de bandas de goma, fibra textil y metálica para la formación de semiterminados para etapa de preparación.
  - Creación de aros metálicos trenzados.
- **Preparación**
  - Se forman todos los semiterminados necesarios para siguientes etapas (confección y terminación). Se crean las distintas bandas utilizadas, entre ellas los tejidos metálicos para la cima y textiles para carcasa, la goma para los hombros, flanco, goma interior, etc.
- **Confección**
  - En esta etapa se crea la carcasa mediante la superposición de bandas sobre un tambor en disposición cilíndrica (aún no tiene la forma característica del neumático). En esta etapa se introducen más de la mitad de los componentes del neumático comprendiendo la totalidad del flanco y la zona baja, y ciertas partes de la cima. Al final de esta etapa por presión neumática se deforman los productos hasta conseguir la forma final del neumático aun no contando todavía con todos sus productos. Además, cabe destacar las propiedades colantes de las gomas, que no necesitan de elementos para que se peguen unos productos sobre otros.
- **Terminación**
  - En esta etapa se forma el bandaje que más tarde se colocará sobre la carcasa con ayuda de presión neumática, terminando así de añadir componentes al conjunto. Para este bandaje se despliegan tejidos metálicos de cima y banda de rodadura sobre una forma (conjunto cilíndrico en el que se montan estos productos).
- **Prensas**
  - Se introduce el producto formado de anteriores etapas en prensa de cocción. En estas prensas se aplica tanto calor como presión ayudando a la goma a vulcanizarse, confiriendo a esta las características finales de flexibilidad y aguante al desgaste que tanto se busca. Además, es en esta etapa donde se realizan todos los marcajes en la rueda gracias al uso de plaquetas.
- **Control y verificación**
  - Se realizan diversos controles sobre cada una de las ruedas, tanto con máquinas con diversos tests como visualmente por medio de personal de la fábrica. En caso de encontrar fallos estas rudas pueden ser tanto rechazadas como reparadas.
- **Almacenaje**
  - Se almacenan a la espera de poder transportarlas a los centros logísticos, y de estos a sus respectivos clientes.

### 2.6.5 Máquina de confección

La máquina donde se pretende validar el sistema de medida es una de las tres que forman la actividad de confección. Esto es, las que se encargan de superponer los productos que forman parte de la carcasa de la rueda (todas las partes salvo algunos productos de cima, como la banda de rodadura). Una sola de estas máquinas consta de cerca de 20 puestos dispuestos en línea, mostrados en la Fig. 9, donde cada uno se encarga de una sola operación. El puesto donde se quiere implementar el sistema de medida es el siguiente a la puesta del flanco, producto del cual se medirá su cota de puesta. Esto es debido a que se busca capturar imágenes de toda la puesta (cotas de posición y característica de la soldadura) sin afectar a los tiempos de ciclo.



*Fig.9 Máquina de confección. Disposición de puestos.*

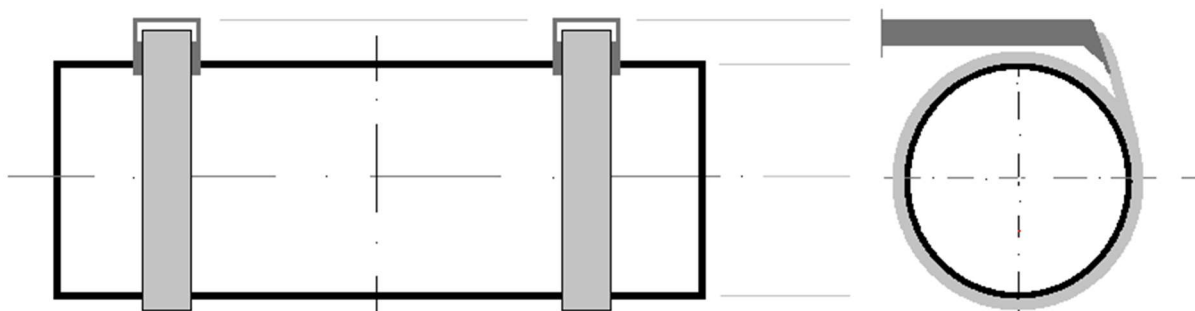
### PUESTO 15 (PROCESO - PUESTA DE FLANCO)

El proceso involucrado consta principalmente de:

- **Tambor.** Porta los productos y es el que se mueve de puesto a puesto. Este consta de un sistema neumático para hincharse y deshincharse, y de una transmisión mecánica, para realizar las puestas de producto mediante el giro del tambor.
- **Pasillos guía.** Son los que controlan las cotas de puesta del producto sobre tambor.

Cuando el tambor entra en el puesto, este es frenado y enclavado electromecánicamente con una cierta tolerancia. Se desplaza una corona con dientes para dotar al tambor de fuerza motriz y se posiciona en una zona concreta dando aproximadamente media vuelta. Los pasillos guía se posicionan sobre el tambor y comienzan a desenrollar goma hasta que toca al tambor, momento en que unos rodillos presionan la goma contra el tambor. El tambor comienza a girar coincidiendo con el desenrollado de goma hasta dar una vuelta completa, momentos antes de finalizar la vuelta una cuchilla corta la goma y por su propio peso y sus características colantes se pega contra las demás capas de goma. Se debe mencionar existen unos rodillos que presionan toda la banda de goma durante su movimiento de puesta.

Debido a que la soldadura de los extremos de la banda entre sí no se realiza en este puesto sino en el siguiente es por lo que se ha decidido colocar el sistema de medida en el puesto 16, que, aunque la característica principal es únicamente la cota interior de puesta de cada banda, como tiene capacidad para obtener más datos, se quiere extraer además información de la soldadura.



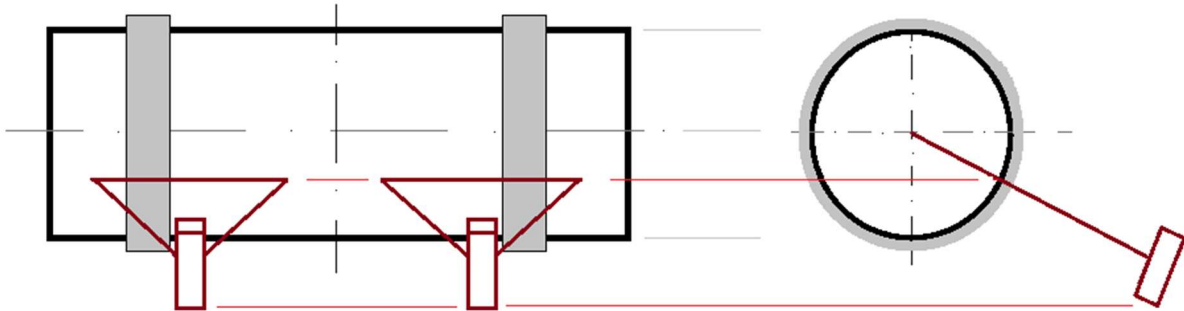
*Fig.10 Puesto 15. Puesta de flanco sobre tambor.*

## PUESTO 16 (SISTEMA DE MEDIDA - PERFILÓMETROS LÁSER)

En este puesto se realiza la soldadura de los extremos de la banda de goma. Esta se realiza mediante la presión de una pieza mecánica contra la goma.

En este puesto se realiza un giro completo del tambor, momento en que el sistema de medida compuesto por dos perfilómetros láser recaba toda la información necesaria para extraer los datos de cotas interiores de puesta.

El sistema de medida está dispuesto como se muestra en la Fig. 11. También se muestra la dirección y campo de medida del haz láser como de la disposición aproximada del producto y el perfilómetro.

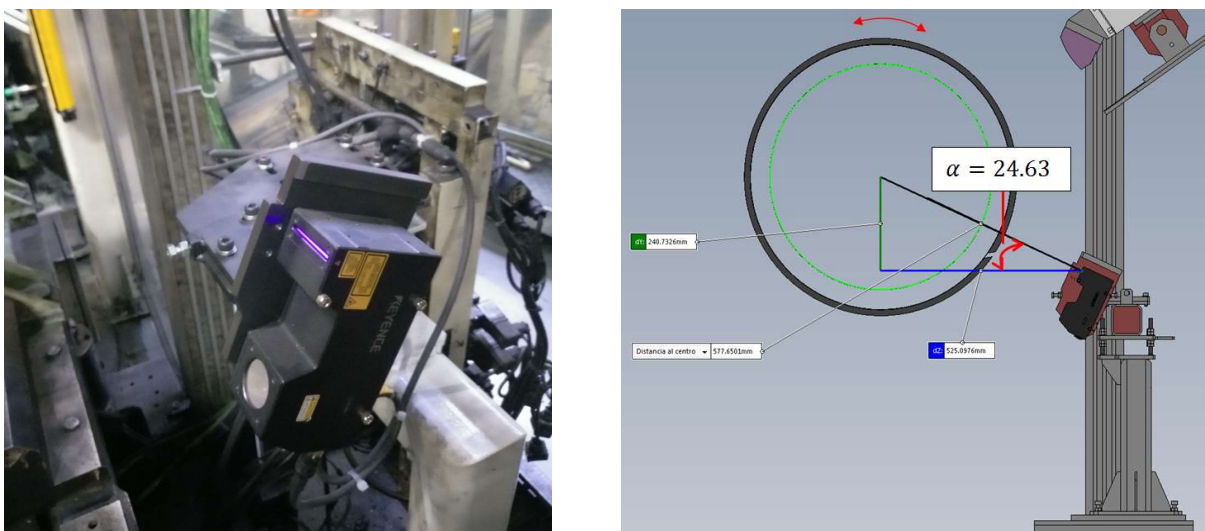


*Fig. 11 Puesto 16. Posicionamiento de los perfilómetros en máquina.*

### 2.6.6 Sistema de medida. Perfilómetro láser

El sistema montado consta de dos perfilómetros láser de alta velocidad Keyence LJ-V7300 que recogen imágenes y las envía a un PC industrial que mediante un software de procesamiento de imágenes y algoritmos específicos extrae la información de cotas buscada.

En la Fig. 12 se muestra tanto el sistema de medida como su posicionamiento. Imágenes obtenidas del departamento de oficina técnica, encargado de su implantación.



*Fig. 12 Perfilómetro láser. Keyence LJ-V7300.*

## INFORMACIÓN TÉCNICA

La siguiente información es la facilitada por el fabricante, que propone unos límites de operación para este sistema de medida. Se mostrarán únicamente los que tienen un mayor interés para esta implantación.

### Rangos de medida

- Distancia de referencia: 300mm.
- Profundidad de haz:  $300 \pm 145$ mm.
- Anchura de haz en función de profundidad: 110mm(155) - 180mm(300) - 240mm(445).

### Dimensiones

- 173x88x57mm.

### Condiciones de funcionamiento

- Temperatura: de 0 a +45°C.
- Humedad: de 20 a 85% HR.
- Iluminación máxima: 10.000 lux.

### Tiempos de respuesta

- Según el modo: de 16 a 32 $\mu$ m.

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Este dispositivo consta de un emisor láser de longitud de onda 405nm y un receptor.

En su ciclo de funcionamiento el emisor realiza un pulso de luz contra el elemento a medir, este debido a que todo cuerpo refracta cierta cantidad de luz, parte ella es devuelta al sistema de medida, que es recogido por el receptor. Calculando los tiempos entre emisión y recepción es como se realizan los cálculos de longitudes. Además, por triangulación es posible la recogida de datos de profundidad, que, aunque este dispositivo es capaz, no se aprovechará en su utilización.

## CICLO DE MEDIDA SOBRE PRODUCTO

Cuando el tambor entra por el puesto, es enclavado y se realiza la soldadura de las bandas es cuando comienza la toma de medidas. Se inicia el láser y comienza a girar el tambor. Durante todo su recorrido se irán recogiendo todos los puntos dimensionales del producto (cotas de puesta, ancho y estado de la soldadura).

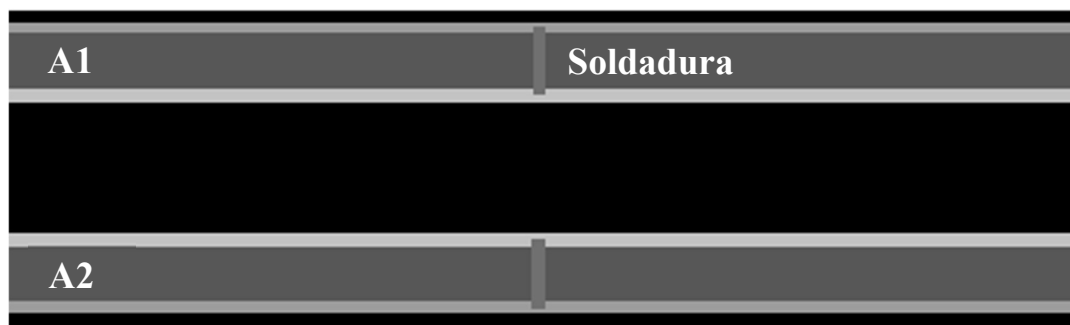
En un pequeño lapso de tiempo toda la información recogida por los perfilómetros es enviada a un PC industrial que mediante software especializado tratará la información hasta poder extraer los datos de interés, que quedarán registrados en la base de datos.

Una etapa futura será la de automatizar acciones según los datos leídos, pudiendo ajustar las cotas de puesta de pasillo según sea necesario.

## SOFTWARE ESPECIALIZADO

Las imágenes obtenidas son tratadas mediante un algoritmo de tratamiento de datos, desarrollado por los automatistas de la fábrica y especialistas en visión artificial. Este algoritmo

trata las imágenes eliminando la información no deseada, dejando únicamente los límites entre cada subproducto, como se refleja en la Fig. 13.



*Fig.13* Ejemplo de imagen final mostrada por los perfilómetros. Muestra un desarrollo completo longitudinal del flanco (A1 y A2), junto a sus soldaduras.

Sobre la toma de datos para exportar la información de cota, este sistema guardará una imagen con toda la información en los tres ejes cartesianos, por lo que además de medir las cotas de puesta será capaz de observar si la soldadura se encuentra conforme (no sobresale y no le falta material).

Atendiendo a la Fig. 13, se muestra el subproducto a medir como A1 y A2, junto a sus respectivas soldaduras. El sistema exportará la información de cotas y características de soldadura a una base de datos externa. El dato de cota será una media de 24 puntos dispuestos por toda la circunferencia de la puesta.

Finalmente, además de mostrar resultados, este sistema será capaz de actuar sobre la maquinaria cuando se detecten subproductos fuera de tolerancias, pudiendo modificar cotas de puesta de pasillo y marcando las carcasas afectadas como malas para su retirada. De igual manera si la soldadura no es conforme.



## CAPÍTULO 3. CALIDAD TOTAL. SPC. PME

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Para la comprensión de las tareas realizadas durante este trabajo es necesario conocer su entorno. De esta forma se puede conocer tanto efectos y repercusiones de las acciones realizadas como la finalidad última de la realización del proceso de medida y ensayo (PME).

Las tareas realizadas en el PME forman parte del control de procesos haciendo uso de cartas de control y realizando medidas para su posterior análisis con herramientas estadísticas propias del control estadístico de proceso (SPC en sus siglas en inglés).

El control de procesos es una metodología propia de la gestión de la calidad, siendo una de las etapas para conseguir la calidad total.

En este apartado se quiere englobar tanto los entornos del concepto de calidad, hasta llegar al entorno específico del PME, que trata sobre el control y gestión de los sistemas de medida desde el punto de vista del control estadístico de proceso. Por último, se definirán las distintas herramientas estadísticas utilizadas.

### 3.2 CALIDAD TOTAL

A la calidad total se la entiende como la implantación y aseguramiento de la calidad en toda la empresa. Esto es no solo en los productos, sino en todos sus departamentos, niveles jerárquicos, procesos, productos, semiproductos, etc.

La calidad total es la última etapa en la evolución del concepto de calidad de forma histórica, siendo por orden de aparición según la referencia [10] y de donde se extrae dicha información:

- **Inspecciones.** Calidad comprobada, se trata de la verificación sobre producto final.
  - Trata de la inspección producto a producto, por parte de personal dedicado únicamente a ello, y que no aporta valor al producto.
  - Es la opción más costosa y que apareció primero. El coste de las inspecciones implicaba que a mayor calidad mayor coste.
- **Control estadístico.** Calidad controlada, por medio de verificación sobre muestreos aleatorios de producto final.
  - Consiste en la aplicación de la estadística sobre el procedimiento anterior de comprobación de calidad sobre producto.
  - Trata, mediante la estadística, de definir una población mediante una serie de muestras tomadas de forma aleatoria, y del que después se realizaba la inspección de calidad. De esta forma se abarataba todo el proceso de inspección ya que descendía el número de controles necesarios.
- **Control de proceso.** Calidad generada y planificada, trata sobre el conocimiento del proceso y sus capacidades.
  - Ya no se centra en el producto finalizado, sino en la etapa anterior, el proceso productivo.
  - Mediante el conocimiento del proceso es posible conocer la calidad de que es capaz.
  - Se apoya en diversas herramientas propias del control estadístico de procesos, que mediante la visualización de cartas de control se conoce el estado actual del proceso, como puede evolucionar y lo más interesante, métodos para su mejora.

- **TQM**<sup>8</sup>. Gestión de la calidad total, se desarrolla desde el diseño de producto y proceso, y pasando por todos los departamentos afectados.

## CALIDAD COMO CONCEPTO

La calidad, según Lluís Cuatrecasas en la referencia [10], se define como “*el conjunto de características que posee un producto o servicio, así como su capacidad de satisfacción de los requerimientos del usuario*”. Esto significa que todo producto debe seguir tanto las especificaciones de diseño como cumplir con las expectativas del cliente hacia este. Hay que añadir que, para ser competitivo, se debe producir con rapidez y a bajo coste, como expectativas esperadas del cliente.

La calidad es un planteamiento que no muchas veces queda claro, por ello se mostrarán varias de sus definiciones:

- “*Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor*”. O también “*adecuación de un producto o servicio a las características especificadas*”. (Referencia de la RAE<sup>9</sup>).
- “*Calidad es la totalidad de funciones y características de un producto y su capacidad de satisfacción de las necesidades del usuario*”. (Referencia de TQM).
- “*La totalidad de características de un ente que le confieren la aptitud de satisfacer las necesidades implícitas o explícitas*”. (Referencia de ISO 8402).

Otras acepciones que le han ido dando los gurús de la calidad han sido:

- “*Adecuación al uso y ausencia de defectos*”, de J.M. Juran.
- “*Cumplimiento de las especificaciones*”, de P. B. Crosby.
- “*La mínima pérdida que el uso de un producto o servicio causa a la sociedad*”, de G. Taguchi.

## OTROS CONCEPTOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD

En numerosas ocasiones se malentende el concepto de calidad actual, por ello, desde la referencia [11], que trata sobre la evaluación de la calidad y la visión práctica de la norma ISO 9000, se quieren mostrar varios conceptos prácticos relacionados con la calidad en la empresa.

- Atrás queda la época del control de calidad, etapa en que cuanto mayor calidad mayor coste debido a las repetidas inspecciones de producto que no aportaban valor al producto. Los nuevos planteamientos consisten en sensibilizar, preparar, entrenar, formar y motivar al personal para que haga las cosas bien a la primera. Se pretende que el propio personal sea el que controle su propia calidad, sin necesidad de añadir más personas en dicho control.
- La calidad no trata solo sobre producto o servicio, sino sobre todo proceso y departamento de la empresa, implicando seguir cierto método y sistema para llevarlo a cabo. De esta forma aparece la ISO 9000, que propone requisitos para estandarizar la calidad, siendo así más sencilla la implantación de la calidad, al no tener que inventar nada nuevo.

---

<sup>8</sup> TQM o GCT – Total Quality Management o Gestión de la Calidad Total. Es una metodología destinada a la implantación de la calidad total.

<sup>9</sup> RAE – Real Academia Española.



- Los sistemas de calidad son homologables, con lo que es posible la realización de auditorías externas. Esto es que de forma objetiva se puede constatar que una empresa tiene un cierto nivel de calidad de cara a sus clientes.
- Para que un sistema de calidad funcione se necesita contar con una de las siguientes opciones:
  - Exista un responsable de calidad.
  - Contar con comité de calidad integrado por 6 a 8 personas.
  - Contar con asesoramiento externo.
  - Tener un buen plan de formación para todo el personal.
- Es importante orientar la empresa hacia el cliente en todos sus niveles jerárquicos, desde los directivos hasta los trabajadores. Se debe tener en cuenta que los ingresos están ligados al cliente y si no tiene un buen grado de satisfacción esto afectará negativamente a la empresa.
- Se requiere de un sistema de mejora continua. Eliminar controles, concienciar y entrenar al personal, cambiar, eliminar errores, etc. Existen numerosas propuestas que se deben estudiar.
- Es importante también la calidad en temas medioambientales, mejorando calidad de vida y preservando el planeta. La norma ISO 14000 trata sobre este tema, enseñando a montar un sistema de protección auditable.
- Existen además sistemas de implantación de la gestión o liderazgo como TQM o EFQM<sup>10</sup>, destinado a empresas que desean mejorar aún más su sistema de calidad. Estos mejoran apartados como liderazgo, gestión de personal o satisfacción del cliente.

## ETAPAS DE IMPLANTACIÓN DE LA CALIDAD TOTAL EN LA EMPRESA

Con la misma referencia anterior, [11], se extraen los pasos que debe realizar una empresa en la actualidad para conseguir alcanzar la calidad total:

- Control de calidad. Inspección de productos o servicios. Medidas para proteger el medio ambiente.
- Implantación de un sistema de gestión de la calidad y métodos de mejora.
- Certificación ISO 9000, PRL<sup>11</sup> y gestión de temas medioambientales.
- Calidad integral para normas específicas (como la ISO/TS 16949 en automoción). Certificación medioambiental.
- Desarrollo de planteamiento TQM o EFQM.
- Mejora continua en excelencia y calidad total.

### 3.2.1 Herramientas para la gestión de la calidad

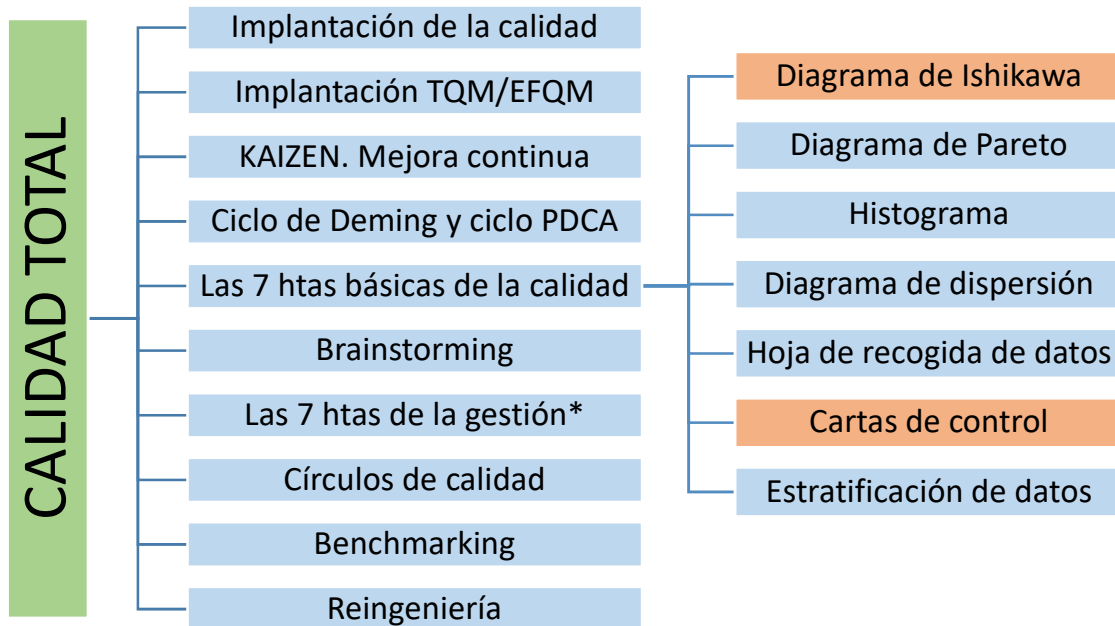
Para alcanzar la calidad total existe una serie de métodos y herramientas que de seguirse hará a cualquier empresa ser más competitiva, reducir costes y lograr una mejor imagen, entre muchas otras.

En la figura Fig. 14 se muestran las herramientas más importantes para la gestión de la calidad según la referencia [10]. De entre estos métodos cabe destacar que varios de ellos (diagrama de Ishikawa y cartas de control) serán posteriormente utilizados en el proceso de medida y ensayo estudiado en este trabajo, y que por ello se explicarán a continuación.

---

<sup>10</sup> EFQM - European Foundation Quality Management o Fundación Europea de la Gestión de la Calidad.

<sup>11</sup> PRL – Prevención de Riesgos Laborales.



*Fig. 14 Métodos para alcanzar la calidad total.*

\*Las 7 herramientas de la gestión, consisten en el uso de distintos diagramas que, aunque no se utilizarán en este proyecto, debido a su importancia en la calidad total se nombrarán a continuación: diagrama de afinidad, de relaciones, de árbol, de matriz, de análisis de matriz-datos, PDPC y de flujo.

## DIAGRAMA DE ISHIKAWA

También conocido por el nombre de diagrama de espina de pez o de causa-efecto, este diagrama analiza de forma organizada y sistemática los problemas, causas y causas de estas causas hasta alcanzar todas estas que tienen relación con el efecto estudiado.

Normalmente parte de unas causas primarias sencillas como las 6M (Mano de obra, materiales, método, medio ambiente, mantenimiento y maquinaria), aunque puede ser cualquier otra. Una vez definidas estas se van ramificando las causas, organizándolas y analizándolas, hasta ver las que tienen un mayor impacto y sobre las que se puede actuar.

Los pasos a seguir para realizar con éxito un diagrama de Ishikawa son:

- Definir y determinar el efecto (problema) que se quiere resolver.
- Identificar las causas o factores más relevantes, como pueden ser las 6M's.
- Determinar, ordenar y analizar las causas que van surgiendo.
- Revisar todas las causas y evaluar si falta alguna más.
- Toma de datos sobre cada causa en incidencia sobre el efecto
- Plan de acción para la mejora global o supresión del problema.

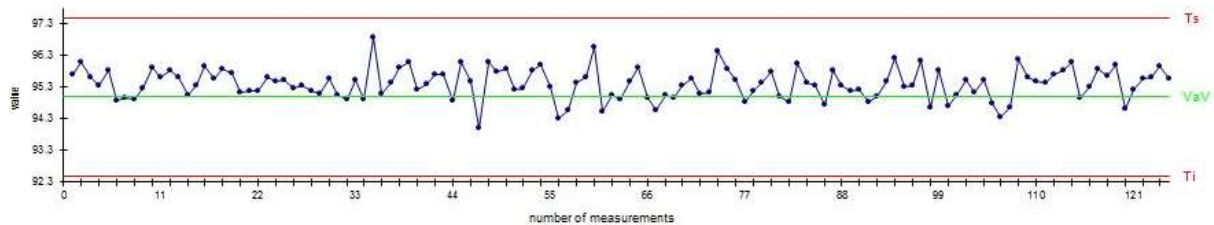
## CARTAS DE CONTROL

Los gráficos o diagramas de control son utilizados por el control estadístico de proceso (SPC en sus siglas en inglés) para analizar, controlar y supervisar los procesos, por medio del seguimiento de características de calidad junto a su variabilidad en el tiempo.

Apoyándose en la Fig. 15 extraído del estudio del PME se explicarán las partes de la carta de control. Este diagrama consta de varios límites de control que normalmente coinciden con las

tolerancias impuestas sobre producto, donde además se suele ver otros dos límites de seguimiento, más restrictivos, que en este caso no se muestran por ser una carta destinada a un estudio estadístico y no ser necesarios.

Sobre la carta se muestra la variable controlada, normalmente dispuesta de forma consecutiva en el tiempo. Esta variable o característica de la calidad suele ser desde medias de medidas hasta recorridos o desviaciones.



*Fig. 15 Carta de control de medias.*

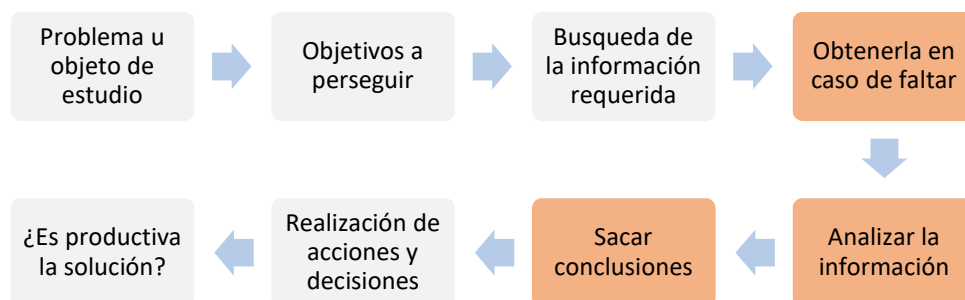
### 3.3 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO (SPC)

El control estadístico de procesos se basa en la estadística descriptiva, disciplina en que, a partir de una información de entrada como son las medidas sobre producto, se extraen otras informaciones útiles para realizar decisiones y cambios sobre el proceso.

La importancia de la estadística descriptiva sobre la calidad se hace eco en la ISO 9004, que establece que las decisiones eficaces se basan en el análisis de la información y datos de que se dispone. Según la referencia [12], la norma expone como principales beneficios los siguientes:

- Decisiones informadas.
- Con ayuda de registros, visualizar anteriores decisiones y mejorar la toma de estas.
- Aumentar la capacidad de revisar, cuestionar y cambiar decisiones y opiniones mediante hechos probables.
- Unos mismos datos sirven no solo a un perfil técnico sino a múltiples perfiles de distintas disciplinas (calidad, planificación, organización, etc.) para la toma de decisiones de sus respectivos entornos.

La estadística descriptiva es utilizada en gran medida para la resolución de problemas, como lo es la existencia de defectos sobre producto. Esta analiza los procesos para así tener la información suficiente para realizar acciones de mejora y toma de decisiones hasta resolver o minorar el problema estudiado.



*Fig. 16 Esquema de toma de decisiones con ayuda de la estadística.*

En la Fig. 16 se puede observar resaltado en naranja las etapas en que la estadística tiene importancia para la toma de decisiones. Mostrando la toma de datos (importancia en el método utilizado y cómo se han realizado), el análisis de estos (realizando distintos estudios estadísticos) y la obtención de conclusiones (basándose en tendencias observadas de los datos de salida).

### 3.3.1 Herramientas y conceptos SPC

#### **HERRAMIENTA: CARTAS DE CONTROL**

Las cartas o diagramas de control son la herramienta de visualización de información utilizada en la estadística descriptiva. Esta muestra una serie de valores que describen el elemento a analizar. Estos valores se muestran sobre un diagrama de líneas donde punto a punto y de forma normalmente cronológica se sitúan consecutivamente en el eje de abscisas. Estos valores se sitúan a su vez sobre unos límites de control que suelen ser las tolerancias sobre producto o del elemento de que se extraen.

Existen diversos tipos de cartas de control según el tipo de variable con que se trabaja, ya sean valores cuantitativos o cualitativos, además del tipo de proceso desde el que se extraen. A partir de la referencia [10], se muestran los tipos de cartas de control más utilizadas:

- **Variables.** Trata con características medibles y cuantitativas. Estas cartas muestran la variabilidad de las características, son adecuados para la mejora de procesos al poder comparar las tendencias con patrones conocidos. Entre las cartas de este tipo de característica se encuentra:
  - **Gráfico de medias-rangos o recorridos.** Es el más utilizado. Se forman subgrupos de medidas, donde se calculan las medias que se representan en la carta, y a su vez se hace la media total. Las medidas de un mismo subgrupo normalmente están relacionadas por ser repeticiones o medidas sobre una misma pieza en varios puntos.
  - **Gráfico de medias-desviaciones típicas.** Sustituye al gráfico anterior cuando el tamaño de los subgrupos es mayor a 4 a 8 muestras por subgrupo. En vez de medias se utilizan las desviaciones típicas.
  - **Gráfico de observaciones individuales-rangos móviles.** Se utiliza en los casos donde se dispone de pocos datos o es costoso y complicado obtenerlos. Trata de la obtención de datos sucesivos que formarán los subgrupos.
  - **Gráfico de medias móviles-rangos móviles.** Se utiliza para el mismo caso que el anterior para cuando la distribución no es normal
- **Atributos.** Trata con características cualitativas, y por lo tanto no son ni medibles ni cuantificables. Estas características se miden como todo/nada pudiendo ser para el proceso aceptable/defectuoso según sea el caso. Entre las cartas de este tipo de característica se encuentra:
  - **Gráfico p.** Controla la evolución de la proporción de defectos frente al total de unidades medidas, esto para cada subgrupo de tamaño considerado. Son cartas rápidas y sencillas ya que el tamaño de subgrupo puede ser variable ya que se trata con porcentajes.
  - **Gráfico pn.** Controla el número de defectos al igual que el gráfico p, pero en este de forma absoluta. Para este gráfico es imprescindible que los subgrupos tengan el mismo número de medidas.
- **Número de defectos.** Se trata de un gráfico por atributos con la salvedad de que en este se contabiliza el número de defectos por pieza o elemento, no considerando como pieza

no conforme la que cuenta con un solo defecto, o para casos en los que un solo elemento puede tener un gran número de defectos.

- **Gráfico U.** Controla la evolución del porcentaje de número de defectos por muestra o unidad de inspección. Se utiliza cuando el tamaño de la muestra es variable.
- **Gráfico c.** Controla la evolución del número de defectos de cada unidad de inspección. Es imprescindible que el tamaño de las muestras sea el mismo.

Las cartas que se utilizarán en este trabajo serán las de variables, y dentro de estas las de medias y recorridos, aunque la carta de recorridos queda relegada a un segundo plano como una información de referencia.

### CONCEPTOS: MEDIA

La carta de medias hace uso de la media aritmética de dos o más valores. En la práctica se suele realizar tantas medidas como sea posible sobre el producto, para así poder describirlo de forma más certera. En el caso de la fábrica se han observado máquinas donde se realizaba la media de 24 valores ya que los sistemas de medida lo permitían. En el resto de los casos lo normal ha sido encontrarse con medias de 3 valores.

La media aritmética consiste en la suma de todos los valores dividido entre el número de valores, como se muestra en la Ec. 1 mostrada a continuación.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} [x_1 + x_2 + \dots + x_{n-1} + x_n] \quad \text{Ec. 1}$$

### CONCEPTOS: RANGO O RECORRIDO

El rango o recorrido muestra, tomando en cuenta los datos usados para realizar una media en concreto, la diferencia entre sus valores extremos. Es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo como se muestra en la Ec. 2.

$$R = x_{max} - x_{min} \quad \text{para} \quad x_{max}, x_{min} \in [x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n] \quad \text{Ec. 2}$$

Muestra de forma rápida la variabilidad en un momento dado que tiene tanto producto como sistema de medida en la realización de la medida.

### CONCEPTOS: DESVIACIÓN TÍPICA O ESTÁNDAR

Para ciertas cartas de control se hace uso de la desviación típica o desviación estándar. Según se recomienda en la referencia [13], de existir subgrupos de 4 a 8 valores para cada media se aconseja hacer uso de la desviación estándar en vez de usar los recorridos.

Se debe distinguir entre dos tipos de desviación según los datos de que se dispone, obtenido de la referencia [12].

- **Desviación estándar poblacional o de proceso ( $\sigma$ ).** Población completa. Cuando se cuenta con todos los datos de la población se hace uso de la Ec. 3.
- **Desviación estándar muestral ( $S$ ).** Muestra de una población. Cuando por otra parte solo se cuenta con una parte de la población se hace uso de la Ec. 4.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Población completa}) \quad \text{Ec.3}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Muestra de una población}) \quad \text{Ec.4}$$

Estos datos también se pueden encontrar como varianzas, que no deja de ser el cuadrado de las desviaciones. Estas se representan como  $\sigma^2$  para la varianza de proceso y  $S^2$  para la varianza muestral.

## CONCEPTOS: DISTRIBUCIÓN NORMAL

La distribución normal o campana de Gauss es una de las distribuciones continuas de probabilidad más importantes en el control de la calidad.

Las herramientas estadísticas utilizadas para el desarrollo del PME parten de la base que los datos de entrada forman parte de una distribución normal. Por ello se debe explicar en qué consiste una distribución normal, su forma y características que la definen.

Partiendo del conocimiento de la media y la desviación estándar de proceso, con el uso de la Ec. 5 se puede extraer la forma que tiene la curva de densidad del proceso.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad \text{para} \quad -\infty < x < \infty \quad \text{Ec.5}$$

Un ejemplo de esta función se muestra en la Fig. 17 extraído de la referencia [12], donde además se pueden observar parte de las propiedades que tiene la curva, y de donde se puede extraer:

- Un intervalo de  $6\sigma$  comprende casi la totalidad de los valores, el 99.7%. De lo que se debe intentar que los límites de control queden fuera, evitando así producto no conforme. Un índice de capacidad de proceso igual a uno considera que el tramo entre los límites de control es el mismo que  $6\sigma$ , coincidiendo con un proceso marginalmente capaz.
- Es igualmente probable, simétricamente, que un valor varíe positiva y negativamente desde su media.
- Es mucho más probable encontrarse con pequeñas desviaciones, aunque posible y menos probable encontrarse con grandes desviaciones.

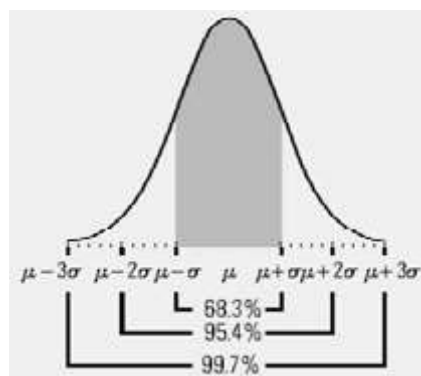


Fig.17 Distribución normal o campana de Gauss.

## CONCEPTOS: CONTRASTE DE SHAPIRO Y WILKS

Como se ha dicho con anterioridad, para el cálculo de la capacidad de proceso es necesario contar con una distribución normal para que tenga validez su formulación. Como no siempre se cuenta con distribuciones normales y es necesario evaluar si la distribución de los datos se acerca a la normalidad, con el contraste de Shapiro y Wilks, información obtenida de la referencia [14], se obtendrá un coeficiente que mostrará esa relación en que la distribución estudiada se acerca a la normalidad.

$$w = \frac{A^2}{(n-1)\sigma^2} = \frac{(\sum_1^{n/2} a_{i,n}(X_i - X_{n-i+1}))^2}{(n-1)\sigma^2} \quad \text{Ec. 6}$$

Para la obtención del coeficiente mostrado en la Ec. 6 se empieza por la obtención de una población de  $n$  datos que se ordenarán de mayor a menor. Para la obtención del coeficiente  $A$  se realiza la diferencia entre los valores extremos, luego se multiplica por un coeficiente tabulado cuyo valor aproximado se puede calcular desde la Ec. 7. Para finalizar se suma cada uno de los cálculos anteriores.

$$a_{i,n} = \frac{i - (3/8)}{n + (1/4)} \quad \text{Ec. 7}$$

Como se muestra en la Ec. 6 es necesario conocer la desviación estándar  $\sigma$ , pero como normalmente se cuenta con muestras de una población, por lo que se utilizará la desviación estándar muestral  $S$  cuya obtención se muestra en la Ec. 4.

En cuanto al análisis del coeficiente  $w$ , en base a valores tabulados de comparación, según la Tabla 1, se toma como una distribución suficiente buena (cerca a la normalidad) a todo valor  $w_{calculado} \geq w_{crítico}$ , de no cumplirse este requisito se dice que la población no se puede considerar normal, y para el caso de estudio de este trabajo no se podrán usar los datos para el cálculo de capacidad de proceso.

n	20	25	30	35	40	45	50
w(crítico)	0.905	0.918	0.918	0.927	0.940	0.945	0.947

**Tabla 1** Valores de comparación para prueba de Shapiro-Wilks.

Los valores  $w_{crítico}$  son obtenidos a partir de tablas tabuladas por los propios creadores considerando un nivel de confianza de  $(1 - \alpha) = 0,95$ .

Este método o test, para hacer más rápida la comparación de normalidad o no normalidad hace uso del **p-value** (valor probabilístico), que es un valor tabulado y obtenido a partir del número de muestras y el valor de  $w_{calculado}$ . El **p-value** se compara directamente con el valor  $\alpha = 0,05$  de forma que si  $[p\_value \geq \alpha]$  se considera la población como normal.

En la actualidad se utiliza una variante a este método que se llama test de **Shapiro-Wilks expandido**, que permite el análisis de hasta 5000 valores, frente a los 50 que permitía el método original. El cálculo por estos métodos se hace normalmente con software informático debido al gran número de cálculos necesarios, donde además es necesario contar con los valores tabulados  $w_{crítico}$  y de **p-value**.



### **3.4 CALIDAD CONCERTADA: PROCESO DE MEDIDA Y ENSAYO**

El procedimiento por el que se realiza este trabajo y que forma parte de la gestión de la calidad es el PME. En este apartado se explica de forma breve tanto lo que es, sus objetivos y finalidad, como varias definiciones de elementos clave tratados en este.

#### **3.4.1 Objetivos y finalidad del PME**

##### **OBJETIVOS**

- Obtener los índices de rendimiento %R y %M mediante el estudio de la incertidumbre en la medida del sistema (proceso y sistema de medida).
- Validar mediante firma la utilización del sistema estudiado para su uso en marcha corriente.
- Obtener, mediante un método sistemático, las causas que influyen en la incertidumbre de la medida, pudiendo a su vez reducir su impacto o eliminarlos.
- Juntar en un solo conjunto de documento toda la información relativa al proceso para una característica o características de producto determinadas. Útil de cara al cliente y de las auditorías.

##### **FINALIDAD**

- Validar tanto proceso como su sistema de medida para su utilización en la fabricación de marcha corriente. Debe haber un PME por cada característica medida y que se considere importante, por parte del Grupo.
- Capturar el estado actual de un proceso junto a su sistema de medida, obteniendo distintos resultados que servirán para tanto conocer el sistema completo como para saber dónde enfocar los esfuerzos de mejora.
- Permite, mediante las auditorías, mostrar el cumplimiento de las distintas medidas de calidad esperadas en la fábrica.
- Sirve, con los resultados obtenidos, para verificarle al cliente el cumplimiento de los requisitos de calidad que impone. Existen dos mercados a los que se destina el producto, constructor y reemplazo. Con el constructor como cliente se pacta la calidad, mientras que para el mercado de reemplazo es el Grupo quien decide la calidad, siempre cumpliendo con los mínimos legales de la región.

#### **3.4.2 Definiciones y elementos clave**

En este apartado se revisará de forma rápida los conceptos relacionados con la calidad más importantes que se tratarán en siguientes capítulos.

##### **OAQ06 (ÚTIL DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD)**

Es un documento de referencia creado por la matriz del Grupo para que todas sus fábricas sigan una serie de pautas a la hora de realizar un proceso de medida y ensayo. En este se recogen distintos criterios de cómo realizar tomas de medida para los estudios estadísticos y de cómo catalogar los resultados. Se trata sobre este documento con mayor detenimiento en siguientes apartados.

## VALOR A ALCANZAR Y VALOR CONVENCIONALMENTE VERDADERO (VÁV<sup>12</sup> Y VC<sup>13</sup>)

Al necesitar elementos calibrados pasados por metrología, como plantillas, pesos o calas, es importante diferenciar el valor teórico que se busca tener (VáV), frente al valor finalmente obtenido tras la creación del elemento (VcV).

El valor convencionalmente verdadero, VcV, lo obtiene metrología mediante la media de tres o más medidas realizadas sobre la misma característica del elemento calibrado.

## ÍNDICES DE RENDIMIENTO %M Y %R

Siguiendo los criterios marcados por el Grupo, se han creado dos índices que definen la incertidumbre de medida, tanto sistemática (%M) como aleatoria (%R). Con estos índices se puede hacer una comparación rápida, pudiendo catalogar los procesos y con ello observar la importancia en la necesidad de lanzar acciones de mejora. Estos índices son calculados a partir de los estudios de tendencia lineal y R&R (reproductibilidad y repetibilidad). De mostrar resultados no conformes se deberá revisar las 5M.

## ANÁLISIS DE LAS 5M (DIAGRAMA DE ISHIKAWA)

Este método consiste la estratificación de posibles causas en el incremento de la incertidumbre de medida. Es un método rápido con el que se puede llegar a proponer planes de mejora, desde más sencillos como cambiar el método operativo, como más complejos necesitando cambiar componentes de máquina.

Forman parte de las 5M: Materia, Máquina, Mano de obra, Método y Medioambiente.

## ESTUDIOS ESTADÍSTICOS

Durante el trascurso del desarrollo del PME, para conocer el estado actual de proceso y sistema de medida, será necesaria la realización de distintos estudios estadísticos. Cada uno de los estudios tendrá requisitos distintos de toma de datos, donde se buscará obtener:

- Estabilidad.
- Tendencia lineal.
- R&R - Reproductibilidad y Repetibilidad.
- Capacidad de proceso y de tasas de fugas y de falsos positivos.

Estos estudios se tratarán con mayor detenimiento en siguientes apartados.

### **3.5 ESTUDIOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS**

En este apartado se explicará únicamente la fundamentación teórica de cada uno de los estudios estadísticos a realizar. Finalidad, pasos a seguir y requisitos se explicarán al final del capítulo siguiente.

---

<sup>12</sup> VáV – Valeur à Viser o Valor a alcanzar. Se trata del valor teórico que se quiere alcanzar

<sup>13</sup> VcV – Valeur Conventionnellement Vraie o Valor Convencionalmente Verdadero

### 3.5.1 Estudio estadístico de estabilidad

El presente estudio necesitará de un total de 90 medidas comprendidas en grupos de 3 repeticiones. De esta población de medidas se obtendrán las medias y desviaciones para cada uno de los grupos, como los valores de la media de medias ( $m_{Estabilidad}$ ) y desviación típica media ( $S_{Estabilidad}$ ) de toda la población.

Las fórmulas para la obtención de los resultados  $m_{Estabilidad}$  y  $S_{Estabilidad}$  se encuentran explicados en el apartado 3.3.1 con las ecuaciones Ec. 1 y Ec. 4.

### 3.5.2 Estudio estadístico de tendencia y linealidad

Para este estudio será necesario un mínimo de 50 medidas para un total de 3 a 5 valores distintos.

Para este estudio, como con el anterior, se calcularán las medias y desviaciones para cada uno de los grupos para luego obtener la media de medias ( $m_{BIAS}$ ) y desviación típica media ( $S_{BIAS}$ ) de toda la población. En este caso la diferencia con el estudio anterior radica en cómo se realizan las medidas y con qué criterios.

Las fórmulas para la obtención de los resultados  $m_{BIAS}$  y  $S_{BIAS}$  se encuentran explicados en el apartado 3.3.1 con las ecuaciones Ec. 1 y Ec. 4.

### 3.5.3 Estudio estadístico R&R (3x3x10)

Se realizarán un total de 90 medidas, considerando 10 piezas distintas, 3 operarios y con 3 repeticiones por pieza y operario.

Para la obtención de resultados se realizarán 2 clasificaciones, según producto y según operario, de donde se calcularán las desviaciones típicas de estos, siendo EV y MV respectivamente. De forma paralela se realizará una carta de medias clasificando las medidas según el producto.

Para la obtención de  $S_{R\&R}$  se estudiarán distintos efectos:

- EV - Variación por Equipo.
- MV - Variación por Operario.
- PV - Variación por Materia.
- XV - Variación por otros efectos.
- $r/\sqrt{12}$  – Variación por sistema de medida. Considerado únicamente si la sensibilidad del aparato no es como mínimo la décima parte de la tolerancia.

Existe además una condición dentro del cálculo de  $S_{R\&R}$  consistente en considerar o no que los efectos que provocan las desviaciones son independientes o no entre sí. En caso de que sean independientes se utiliza la Ec. 8 mientras que si son dependientes se utiliza la Ec. 9.

$$S_{R\&R} = \sqrt{EV^2 + MV^2 + PV^2 + XV^2 + (r/\sqrt{12})^2} \quad \text{Ec 8}$$

$$S_{R\&R} = EV + MV + PV + XV + r/\sqrt{12} \quad \text{Ec 9}$$

Las fórmulas para la obtención de los resultados  $m_{R\&R}$  y  $S_i$  se encuentran explicados en el apartado 3.3.1 con las ecuaciones Ec. 1 y Ec. 4.

También cabe destacar que se debe realizar un test de normalidad sobre la población considerando riesgo al 5% para que el estudio sea válido. Este procedimiento se muestra explicado con anterioridad en este capítulo.

### 3.5.4 Obtención de los indicadores de rendimiento %R y %M

Los índices de rendimiento %R y %M son coeficientes de comparación propios de la empresa para poder comparar y analizar rápidamente el estado de un proceso junto a su sistema de medida. Los requisitos se explicarán al final del capítulo siguiente.

La formulación utilizada para la obtención de estos índices se muestra en las ecuaciones Ec. 10 y Ec. 11, donde se involucran los valores de tolerancia, el valor real a observar (VáV) y varios coeficientes que se explicarán seguidamente.

$$\%R = U_{meas}/\min (VáV - Ti ; Ts - VáV) \quad \text{Ec. 10}$$

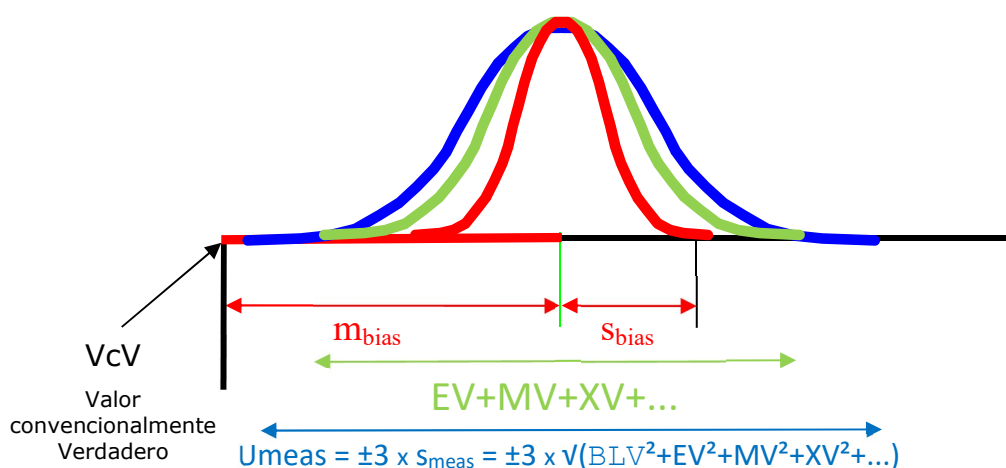
$$\%M = m_{meas}/\min (VáV - Ti ; Ts - VáV) \quad \text{Ec. 11}$$

Para la obtención de  $U_{meas}$  y  $m_{meas}$  se hará uso de los resultados de los tres estudios anteriormente explicados (estabilidad, tendencia lineal y R&R). La obtención de estos coeficientes se muestra en las ecuaciones Ec. 12 y Ec. 13 mostradas a continuación.

$$U_{meas} = 3 * S_{meas} = 3 * \sqrt{S_{Estabilidad}^2 + S_{BIAS}^2 + S_{R\&R}^2} \quad \text{Ec. 12}$$

$$m_{meas} = m_{BIAS} \quad \text{Ec. 13}$$

A modo de poder visualizar de forma comparativa los distintos datos utilizados en el cálculo de las desviaciones en la Fig. 18 se pueden observar el peso que tienen los distintos parámetros.



**Fig. 18** Distribuciones típicas del estudio de tendencia y linealidad.

### 3.5.5 Estudio estadístico de capacidad de proceso

Se realizará un total de 125 medidas en condiciones reales de producción sin más requerimientos de otro tipo. Sobre dichas medidas se calculará la desviación típica y se aplicará a las fórmulas de las ecuaciones Ec. 14 y Ec. 15. para la obtención de los coeficientes de capacidad Cp y Cpk. La diferencia entre estos dos coeficientes radica en la variabilidad sistematizada de los datos considerada en Cpk y que se podría arreglar con un reglaje de máquina, pudiendo así acercarse el valor a Cp.

$$Cp, Pp, Pm = \frac{T_s - T_i}{6 * S_{capacidad}} \quad \text{Ec. 14}$$

$$Cpk, Ppk, Pmk = \min \left[ \frac{T_s - x}{3 * S_{capacidad}}, \frac{x - T_i}{3 * S_{capacidad}} \right] \quad \text{Ec. 15}$$

Cabe destacar que existen 3 tipos de coeficientes de capacidad según la forma de obtención de las medidas:

- Cp/Cpk – Considerado para toma de medidas a largo plazo (de meses a un año) donde se suele buscar valores mayores a 1,33. Es el estudio más completo de todos y considera todos los efectos de variabilidad en la medida de las 5M's.
- Pp/Ppk – Para tomas comprendidas durante 1 semana aproximadamente. Se considera como un estudio de capacidad de preliminar para cuando no se dispone de datos históricos o no se dispone de tiempo para realizar el estudio. Da tiempo suficiente para considerar los efectos de las 5M's. Se busca que los coeficientes sean mayores a 1,66.
- Pm/Pmk – Para un momento puntual. No intervienen otros efectos de las 5M's ya que no se da tiempo a que varíen. Estos coeficientes se buscan que sean mayores a 1,66.







# CAPÍTULO 4. PROCESO DE MEDIDA Y ENSAYO. PROCEDIMIENTO MICHELIN

## 4.1 INTRODUCCIÓN

Durante este capítulo se pretende definir todos los puntos clave tratados en un proceso de medida y ensayo desde el punto de vista de MICHELIN. En este se explicarán los documentos involucrados, útiles estadísticos utilizados, criterios de decisión y distintas pautas para la realización del proceso de medida y ensayo, desde ahora nombrado como PME.

### 4.1.1 Definiciones y elementos clave

Para este apartado se tratará de dar una visión general de los elementos clave involucrados durante el transcurso de un PME, tanto documentos importantes como herramientas u otros procedimientos.

#### **MARCHA CORRIENTE**

Cuando un sistema productivo se encuentra en plena producción junto a todos los elementos que de forma habitual funcionan con él es llamado marcha corriente. Parte de estos elementos son seguimientos y controles de trazabilidad, que aun si fallan se puede seguir fabricando, aunque con otros métodos, a este caso se le llama marcha degradada.

#### **PME (PROCESO DE MEDIDA Y ENSAYO)**

Se trata de un informe que contiene todo lo necesario para poder verificar una característica a medir y así validar la utilización de un proceso productivo completo (máquina, sistema de medida, producto, entorno, etc.) para su uso en marcha corriente.

#### **VQM<sup>14</sup> (VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE LA MEDIDA)**

Es un elemento de dimensiones y características conocidas que se pasa por metrología. Como ejemplos de estos están las calas para medir cotas, los pesos o las dianas situadas para verificar posiciones.

La VQM se pasa con cierta frecuencia por cada sistema de medida para verificar la conformidad de esta en base a unas tolerancias. De ser el resultado no conforme se debe retirar todo el producto fabricado a partir de la anterior verificación de VQM. La frecuencia de verificación depende de cada máquina y proceso.

#### **CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MEDIDA**

Anualmente se calibra todo sistema de medida para así poder asegurar que los instrumentos están conformes a lo que se espera de ellos, evitando errores sistemáticos que puedan introducir a lo largo de su utilización.

---

<sup>14</sup> VQM - Vérification de la Qualité de la Mesure o Verificación de la Calidad de la Medida

## **DVPM (DOSIER DE VERIFICACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDA)**

Se trata de un conjunto de documentos para la realización de distintos informes, para evaluar si un proceso de medida cumple con las especificaciones del Grupo. En este caso de estudio se utilizarán 4 de los informes que recoge, consistiendo en:

- **SÍNTESIS DE EVALUACIÓN LOCAL.** En él se muestra un resumen de todos los datos del estudio, mostrando según criterios si el proceso es conforme.
- **FORMALIZACIÓN DE LA CALIFICACIÓN LOCAL.** Valida la calificación local. En este los representantes de MTP, GQA y RDM firman para su validación.
- **PLAN DE ROBUSTEZ INDUSTRIAL.** Resume y describe el proceso de validación de la robustez industrial. Este proceso consiste en tomar medidas de VQM de 6 meses a 1 año, verificando que el sistema no se desvía. Se busca que el proceso de medida sea estable y robusto en el tiempo.
- **CERTIFICADO DE EVALUACIÓN.** Este resume todas las validaciones necesarias para todo el proceso de medida (homologación de central, calificación de central, calificación local y robustez industrial).

## **VALIDACIÓN POR MEDIO DE UN PME**

El proceso PME tiene como último objetivo el de validar, mediante la firma de distintos representantes de la fábrica, la utilización tanto del sistema de medida como del proceso productivo involucrado para su utilización en marcha corriente.

Los representantes para la validación del PME forman parte tanto del grupo de calidad como de parte del taller (responsables técnicos de máquina).

De no existir validación para un sistema de medida, este incumpliría el plan de calidad, por lo que no sería posible su utilización para la producción. Aun así, es posible utilizar un sistema de medida no validado, solo en el caso de ser un sistema secundario funcionando conjuntamente con uno primario que sí esté validado.

## **HOMOLOGACIÓN**

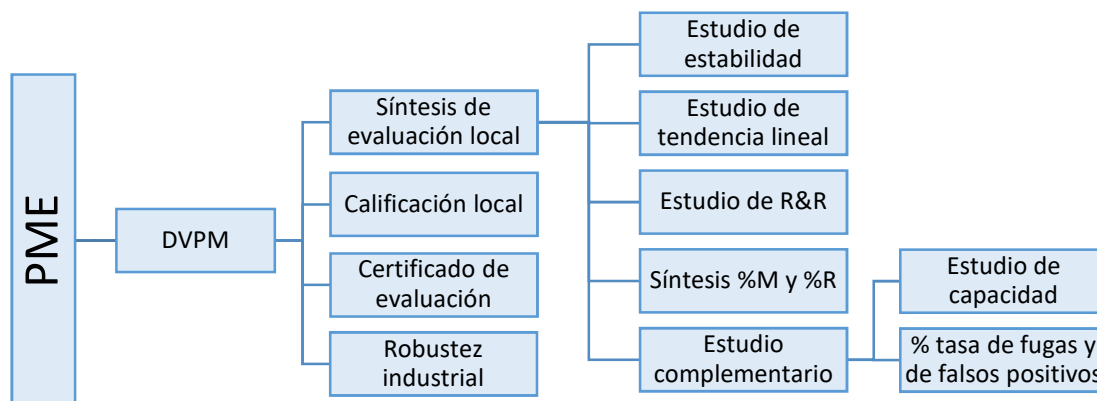
La homologación es un proceso por el que la matriz da su consentimiento a la fábrica en cuestión para la utilización de un nuevo sistema (de medida o de proceso) dentro de la cadena productiva en marcha corriente.

Únicamente es necesaria una homologación cuando la solución técnica para toma de medidas, o de proceso productivo, no existe previamente en el Grupo. Todo sistema utilizado en las fábricas del Grupo es, o una copia de un proceso ya homologado por la matriz, o de nueva implantación con posterior homologación.

Una vez se homologa un proceso o sistema de medida, este se cuelga en la pirámide documental del Grupo para su libre acceso, permitiendo a otras fábricas su implantación.

## 4.2 ESQUEMA DOCUMENTAL

Para visualizar de forma rápida la relación de todos los documentos involucrados en la creación de un PME se muestra un esquema documental en la Fig. 19.



*Fig. 19 Esquema documental de un PME.*

Para el orden de realización de la documentación mostrada, se empieza por la realización de los estudios estadísticos para después realizar los informes que componen el DVPM, finalizando en la redacción del PME, que contiene todos los documentos anteriores.

## 4.3 DIRECTRICES DEL GRUPO: OAQ06

Desde el Grupo Michelin se ha decidido crear un documento que sintetice toda la información necesaria para la realización de los estudios sobre la incertidumbre de medida, el OAQ06<sup>15</sup> [15]. Este documento trata de adaptar la información mostrada en las normas “GUM”<sup>16</sup> y “ISO/IEC Guide 98-3:2008” que trata sobre la incertidumbre de la medida.

En este apartado se explicarán de forma detenida distintos procesos marcados en el OAQ06, desde pasos preliminares a realizar, al cómo preparar los distintos estudios estadísticos. Además, se hace hincapié en los indicadores de rendimiento del proceso de medida, coeficientes con los que se puede comparar de forma rápida el estado actual del sistema, proveyendo así de información y criterios para la realización de acciones de mejora.

Este documento es el que contiene tanto directrices como guías de buenas prácticas para la correcta realización de los PME. Este tiene como finalidad la de definir:

- Indicadores de rendimiento de la medida para ser usado en los PME.
- Métodos de evaluación para dichos indicadores.
- Criterios de aceptación.

Trata así de proveer de reglas, definiciones y conceptos comunes para la totalidad de fábricas del Grupo. Contiene y resume los requerimientos de estándares tanto nacionales como internacionales propios de la industria.

<sup>15</sup> OAQ - Outil d'Assurance Qualité (útil de aseguramiento de la calidad).

<sup>16</sup> GUM - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement.

### 4.3.1 Introducción al proceso de medida y ensayo

Con el desarrollo del proceso de medida y ensayo (PME) se pretende ampliar el conocimiento sobre proceso y sistemas de medida, pudiendo manejar las variaciones de proceso, además de poder investigar y desarrollar de cara a la mejora continua. Este PME inspecciona proceso y producto y está destinado a la toma de decisiones, pudiendo así por ejemplo identificar la conformidad o no conformidad del sistema.

Debido a que no es posible tener un proceso de medida ideal, esto es que la medida leída sea exactamente la real, se permite un cierto error debido a la variabilidad del sistema de medida.

Estos errores en las mediciones, causadas por el sistema de medida, conducen a resultados inciertos con potenciales malas decisiones. Por tanto, dichos errores deben ser conocidos y tomados en consideración junto a los límites de tolerancia especificados.

En los siguientes apartados se trataría de explicar toda la base teórica necesaria para la realización de un PME, incluyendo forma de toma de medidas y estudios estadísticos a realizar.

## **PROPIEDADES DE UN BUEN PROCESO DE MEDIDA**

Algunas de las propiedades fundamentales para un buen proceso de medida son:

- Adecuada discriminación y sensibilidad. La conocida regla 10 a 1, propone que el instrumento de medida pueda discriminar la décima parte, o menos, de la tolerancia o variación del proceso. Este es un caso de la “regla del pulgar”<sup>17</sup> [16], que trata de dar unos mínimos de fácil seguimiento y aplicación. Además, el sistema de medida debe tener una buena resolución y/o sensibilidad para la correcta detección de cambios en producto o variación de proceso en condiciones de uso normal.
- Desde estadística de control, el proceso de medida debe ser estable. Esto es, sobre condiciones de repetibilidad, las variaciones en el proceso de medida deben provenir de fuentes conocidas, y no de causas especiales. Esta parte se evalúa mejor con la ayuda de métodos gráficos como las cartas de control, con datos recolectados en el tiempo.
- Desde control de productos, la variabilidad del sistema de medida debe ser pequeño comparado con los límites especificados.
- Desde control de proceso, la variabilidad del sistema de medida debe demostrar pequeña resolución y ser pequeño comparado a la variación del proceso.
- Para diseño de estudio<sup>18</sup>, la incertidumbre del proceso de medida debe ser suficientemente pequeña como para permitir la discriminación entre diferentes soluciones estadísticas.

## **FUENTES DE VARIACIONES EN LA MEDIDA. ANÁLISIS DE LAS 5M**

Para estudiar las posibles fuentes de variación se utiliza el análisis de las 5M, que trata sobre un diagrama Ishikawa (causa-efecto), también llamado de espina de pescado. En este se muestran 5 temas o subapartados de estudio (causas) que definen el efecto buscado (incertidumbre y variaciones en la medida). Como finalidad, al identificar todas las posibles causas es más sencillo analizar el impacto de cada una de ellas y así conocer cuales afectan en mayor medida sobre la incertidumbre, pudiendo realizar acciones de mejora sobre ellas, eliminándolas, reduciéndolas o monitorizándolas según sea el caso.

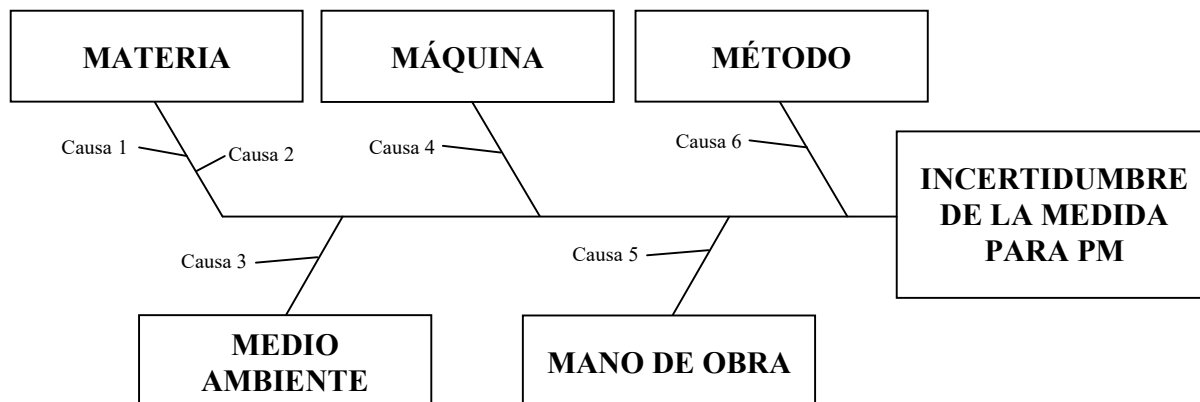
---

<sup>17</sup> Regla del pulgar – Se trata de una regla de aplicación sin base científica, donde lo que prima es la simplicidad de aprendizaje e implantación.

<sup>18</sup> Diseño del estudio – Se trata de una metodología que, según los resultados obtenidos, muestra las pautas a seguir a continuación.

En la Fig. 20 se muestra un ejemplo de diagrama de Ishikawa donde además se visualiza de forma esquemática las principales causas propias del PME junto al efecto estudiado. Sobre estas causas principales se sitúan otras causas relacionadas con las primeras. A continuación, se explica brevemente en qué consiste cada uno de estos apartados.

- **Incertidumbre de la medida.** Es el efecto estudiado en el PME, donde se busca que sea suficientemente pequeño. Si los resultados del estudio muestran una alta variación, mediante el análisis de las 5M se podrá realizar acciones de mejora sobre proceso.
- **Materia.** Trata sobre el elemento a medir, siendo el producto mayoritariamente. Se tienen en consideración propiedades características que puedan afectar a la medida (calor que emana hacia los instrumentos de medida, viscosidad, encogimiento en el caso de la goma al enfriarse, etc.)
- **Máquina.** Trata sobre todos los elementos del proceso donde se realiza la medición, tanto instrumentación de medida como otros elementos de máquina que tratan con el producto o lo transforman pudiendo afectar a la característica.
- **Método.** Metodología seguida para la realización de la medida. Es importante para la reproductibilidad y repetibilidad del proceso seguir siempre una serie de pasos para evitar derivas en la medida.
- **Medioambiente.** Las condiciones del medio en que se encuentra tanto producto como sistema de medida. Puede afectar tanto en las propiedades a medir del producto como en el comportamiento del sistema de medida (temperatura y humedad son las más comunes).
- **Mano de obra.** Cada persona es distinta y es susceptible a equivocarse por lo que siempre introducen un grado de variabilidad en la medida. La formación dada es imprescindible y/o los métodos operatorios facilitados.



*Fig. 20 Análisis de las 5M. Diagrama de Ishikawa o de causa-efecto.*

## EFFECTOS EN LA VARIACIÓN EN LA MEDIDA

Uno de los objetivos de la medida de productos es la de clasificar estos según su estado en aceptables o no aceptables según distintos criterios del fabricante (tolerancias, aspecto, etc.). Otras clasificaciones pueden llegar a ser las de reutilizable, recuperable o de desecho.

Cuando la incertidumbre en la medida es muy alta o no aceptable, estos efectos impiden una correcta clasificación de productos, introduciendo nuevos problemas como los mostrados a continuación.

- Sobre producto, semiterminado o materia prima.
  - Riesgo de dar como malo producto bueno (impacto en los costes).

- Riesgo de dar como bueno producto malo (impacto en la calidad en la producción).
- Sobre control de proceso.
  - Dificultad sobre análisis de proceso.
  - Mala estimación de la capacidad de proceso.
  - Ajustes o reglajes incorrectos (sobre control).
  - Mal funcionamiento de bucles de regulación y salvaguarda.
- Sobre investigación y desarrollo de producto.
  - Riesgo de considerar mal dos soluciones como equivalentes siendo diferentes, o como diferentes siendo equivalentes.
  - Riesgo de clasificación incorrecta de diferentes soluciones.

#### 4.3.2 Directrices sobre las etapas preliminares a la medida

##### ESTUDIO DE LA NECESIDAD

Todo proceso debe estar calificado y validado para su utilización durante la marcha corriente, y es el PME el que proporciona dicha validación por parte del grupo de calidad.

Actualmente se debe realizar un PME según tres posibles casos (nueva creación, actualización y revisión), cada uno de ellos con requisitos distintos.

- **Nueva creación.** Contiene todos los pasos del estudio.
- **Actualización.** Se modifica el PME únicamente en los apartados que la nueva modificación afecte. Puede ser cambiar formatos, modificar proceso de cálculo, añadir nueva documentación, actualizar estudios estadísticos, etc. Los cambios necesarios se estudian para cada caso.
- **Revisión.** Cada 9 años se revisan todos los PMEs. Se actualiza todo apartado que no se ajuste a los estándares del momento. Se repiten estudios estadísticos sobre proceso con los datos de medidas propias de la fabricación.

De entre ellos el caso de nueva creación contiene todos los pasos, y será el caso estudiado en este trabajo.

##### REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE LAS 5M

Considerando las 5 fuentes de desviación se buscan todas las posibles causas que puedan afectar en la incertidumbre de medida. De esta forma se puede minimizar la incertidumbre desde sus primeras etapas, sin necesidad de realizar todo el estudio con anterioridad.

##### COMPROBAR LA SENSIBILIDAD

Se debe comprobar que el sistema de medida tiene la resolución necesaria como para al menos permitir discriminar la décima parte de la variación de proceso de la característica a medir (de no ser así se debe tener en cuenta como parámetro de influencia sobre la incertidumbre de medida en  $S_{meas}$  con la suma cuadrática de  $r/\sqrt{12}$ , siendo r la resolución).

##### CONSIDERACIONES PARA MEDIDAS DESTRUCTIVAS

Para reducir la influencia de los productos medidos se deben tener las siguientes consideraciones:

- Homogeneizar los materiales de goma.
- Sobre cubiertas cocidas, seleccionarlas desde un mismo lote.
- Sobre medida dinámica donde se recolectan partes en movimiento, el conocimiento del proceso es importante. Se debe documentar el orden de las muestras como la frecuencia de recogida. Para este caso especial se utilizan análisis estadísticos destinados a conocer la influencia de los productos sobre incertidumbre.
- En el caso de sucesivas medidas sobre un producto que se va deformando se debe documentar el orden de las medidas. Para este caso se utilizan análisis estadísticos para calcular la influencia del producto sobre la incertidumbre.

Aun siguiendo estas consideraciones no es posible eliminar del todo la influencia de los productos sobre la evaluación del proceso de medida, por lo que es importante contar con criterios especiales de aceptación para medidas destructivas (para índices %R y %M) que se pactarán con los clientes, y tendrán como objetivo considerar esta influencia sobre la incertidumbre de medida.

#### **4.4 PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE UN PME**

A modo de resumen a continuación se enumerarán los pasos necesarios por parte del responsable MTP para la realización de un PME completo (de nueva creación). En siguientes apartados se tratará de definir cada uno de ellos.

- Estudio de la necesidad.
  - Revisión (cada 9 años).
  - Revalidación (tras una modificación).
  - Nueva creación (para nueva implantación).
- Comunicación con todas las partes involucradas.
  - Para funcionamiento ciclo de medida → Tec. de progreso, automatistas, otros.
  - Para realización de medidas y disponibilidad → Tec. de calidad en taller.
  - Para creación de plantilla VQM → Metrología.
- Revisión de 5M.
  - Maquinaria y sistema de medida.
  - Materia.
  - Mano de obra.
  - Método.
  - Medioambiente.
- Etapas preliminares y toma de medidas para los estudios estadísticos.
- Realización de estudios estadísticos.
  - Estabilidad.
  - Tendencia lineal.
  - R&R - Reproducibilidad y Repetibilidad.
  - Capacidad de proceso.
- Realizar robustez industrial.
- Análisis de resultados y planes de acción.
- Cumplimentación de informes DVPM (dossier de verificación de medida y ensayo).
  - 08 - Síntesis de evaluación local.
  - 11(QL) - Formalización de la calificación local.
  - 12 - Plan de robustez industrial.
  - 13(QL) - Certificado de evaluación.
- Cumplimentación del PME (proceso de medida y ensayo).



- Validación por parte de la fábrica.
- Homologación por parte del Grupo.

#### 4.4.1 Estudio de la necesidad

Principalmente existen únicamente 3 casos por los que se debe realizar un PME:

- **Actualización.** Cuando se realiza una modificación sobre el sistema o se conoce de un nuevo efecto no considerado con anterioridad sobre la incertidumbre de medida. En este caso solo se realizan los cambios y estudios sobre las partes que puedan sufrir dichos cambios.
- **Revisión.** Cada 9 años se debe revisar todo el PME de cara a conocer si han aparecido nuevos efectos sobre la incertidumbre. Se vuelven a realizar los estudios estadísticos.
- **Nueva Creación.** Cuando se implementa un nuevo sistema de medida. El PME es necesario para validar el sistema para su uso en marcha corriente. Se realizan todos los pasos y la recopilación de todos los documentos involucrados.

#### 4.4.2 Preparativos previos a la medida

Se deben realizar distintos pasos previos a la medida, ya sean:

- Comunicarse con técnicos de progreso, automatistas y electrónicos para verificar el correcto funcionamiento del aparato de medida, añadiendo funcionalidades si fuera necesario. Se debe verificar que realiza un ciclo completo de medidas.
- Comunicarse con técnicos de calidad del taller para preguntar por disponibilidades tanto suyas como de máquina para la realización de medidas. Serán ellos quienes realicen las medidas inicialmente.
- Comunicarse con metrología para crear plantilla calibrada para realizar parte de los estudios estadísticos.

#### 4.4.3 Toma de medidas

Los procedimientos para cada estudio se explican de forma detallada en siguientes apartados de forma específica. En este apartado se tratará de mostrar una visión general de la planificación seguida para la realización de la toma de medidas.

### REQUISITOS PARA LA TOMA DE MEDIDAS

Estabilidad:

- Se debe medir siempre un mismo punto fijo cuyo valor es irrelevante, pero no debe variar entre mediciones.
- Se deben realizar entre 3 y 5 repeticiones y contar con un mínimo de 25 periodos o días distintos.
- Se necesitan del orden de 90 medidas.
- Es imprescindible que el elemento a medir quede fijo, esto es que no dependa ni de máquina ni de producto ya que introduciría efectos indeseados.

Tendencia lineal:

- Se deben medir 3-5 puntos de valores conocidos dispuestos por todo el rango de medida del sistema. Para este fin se utilizan elementos pasados por metrología como plantillas, calas o pesos.
- Se necesita un mínimo de 50 medidas distribuidas en 2-5 días.

R&R - Reproducibilidad y Repetibilidad:

- Se toman 10x3x3 medidas, para lo que suele coincidir con 10 productos, 3 operarios y 3 repeticiones.
- Se necesitan 90 medidas distribuidas en 2-5 días.

Capacidad:

- Se realizarán medidas sobre producto para una sola cota o característica.
- Se necesitan del orden de 125 medidas distribuidas en 2-5 días.
- Se deben realizar las medidas en condiciones de marcha corriente.

#### **4.4.4 Estudio de estabilidad**

En este estudio se pretenden analizar los efectos propios del sistema de medida y sus posibles desviaciones en distintos momentos temporales, ya sean debidos a elementos propios del sistema o por el entorno o ambiente en que se encuentra.

Las medidas se deben realizar sobre un punto conocido cuyo valor es irrelevante pero que debe ser el mismo entre medidas. Con este campo de medidas se quieren analizar las variaciones entre estas con el paso del tiempo. De forma ideal se debe buscar un elemento de la máquina que no tenga ningún movimiento relativo con el sistema de medida, asegurando así no incluir otros efectos de incertidumbre sobre la medida. También, otra opción es el uso de la misma cala necesaria para el estudio de tendencia y linealidad, pudiendo realizar las medidas a la vez.

### **EFFECTOS SOBRE LA INCERTIDUMBRE**

Con este estudio se pretende conocer la certeza del sistema de medida sin incluir otros efectos importantes, evaluando únicamente una zona de su rango de medida. Con el estudio de tendencia y linealidad ya se considerará todo el campo de aplicación.

La información que de aquí se extrae sirve para conocer si el sistema medida es capaz o se debe cambiar, arreglar, limpiar, modificar, etc.

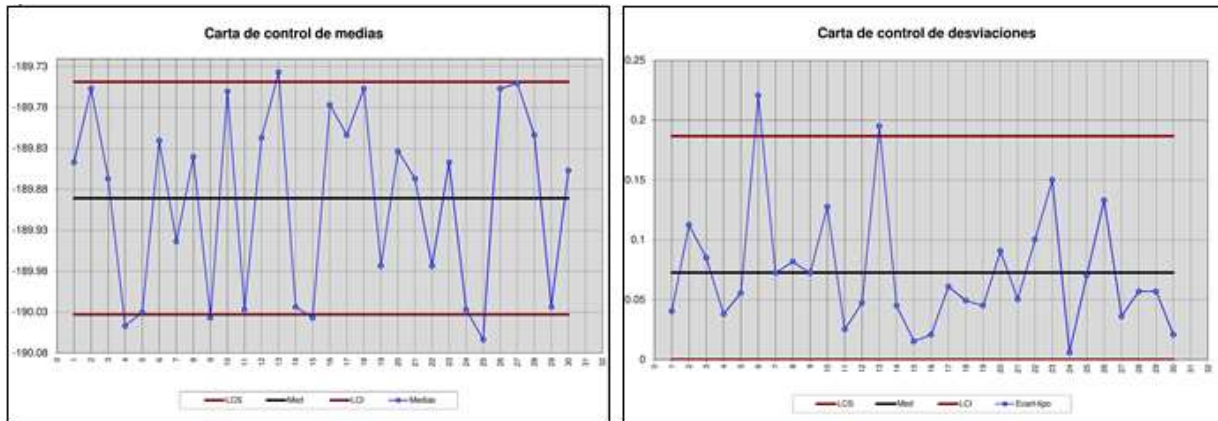
### **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Una vez se tengan las 90 medidas se utilizará la herramienta Excel OAQ062016\_v471 en su apartado "Stability", provista por el Grupo. Un ejemplo visual de este proceso se muestra en el anexo pág.86 con un caso real.

La información que mostrará la herramienta de cálculo será de varias cartas, una de medias y otra de desviaciones, y por otro lado los valores numéricos de media de la población y desviación típica. Un ejemplo de dicha información se encuentra visualizada en las figuras Fig. 21 y Fig. 22.

$m_{stab}$	=	<b>-189.891 mm</b>
$S_{stab}$	=	<b>0.0821 mm</b>

**Fig. 21** Resultados analíticos del estudio de estabilidad. Media y desviación total.



**Fig. 22** Resultados gráficos del estudio de estabilidad. Cartas de medias y de desviaciones.

Existen varios criterios de análisis a los que se debe atender una vez obtenidos los resultados:

- Los valores tanto de desviación total como de la diferencia entre media total y valor de referencia no sean representativos. Esto es que, teniendo como referencia a las tolerancias de producto, no sean errores importantes.
- Visualizando las cartas, que el número de puntos fuera de límites no sea importante.

De encontrarse con valores importantes en las desviaciones se deberá corregir el sistema de medida, donde previamente se deberá hacer un análisis de las posibles causas y que las propias cartas pueden dar información para este fin, como las fechas de las mayores desviaciones, pudiendo comprobar si puede ser un problema tras un ajuste de máquina, por ejemplo. En cuanto al valor de la media total servirá para poder corregir el error sistemático propio del instrumento.

#### 4.4.5 Estudio de tendencia y linealidad

Este estudio pretenderá estudiar el error propio del sistema de medida teniendo en cuenta distintas medidas en distintos rangos de su campo de aplicación ( $\pm 200\text{mm}$ ,  $\pm 1000\text{g}$ , etc.). De forma idealizada se busca que las medidas sean igual de certeras en cada uno de los puntos del rango de medida. Con este estudio se puede ver entre otros apartados si el instrumento no está correctamente colocado o no se encuentra correctamente ajustado.

Para la realización de las medidas se hará uso de un elemento que cuente con distintos valores conocidos y que se encuentren distribuidos a lo largo de todo el campo de aplicación del instrumento de medida. Este elemento varía según la característica a medir, pudiendo ser calas, pesos o plantillas. Es importante que estos valores conocidos se obtengan por parte del área de metrología.

Las medidas realizadas serán del orden de 50, distribuidas entre 2 y 5 días. La forma de tomar estas medidas será mediante el uso de los elementos calibrados de los que se podrá extraer de 3 a 5 medidas de distinto valor.

## EFFECTOS SOBRE LA INCERTIDUMBRE

El efecto estudiado es el de la linealidad del propio instrumento de medida durante todo su rango de aplicación. Esto significa que tenga un error proporcional en todo su rango.

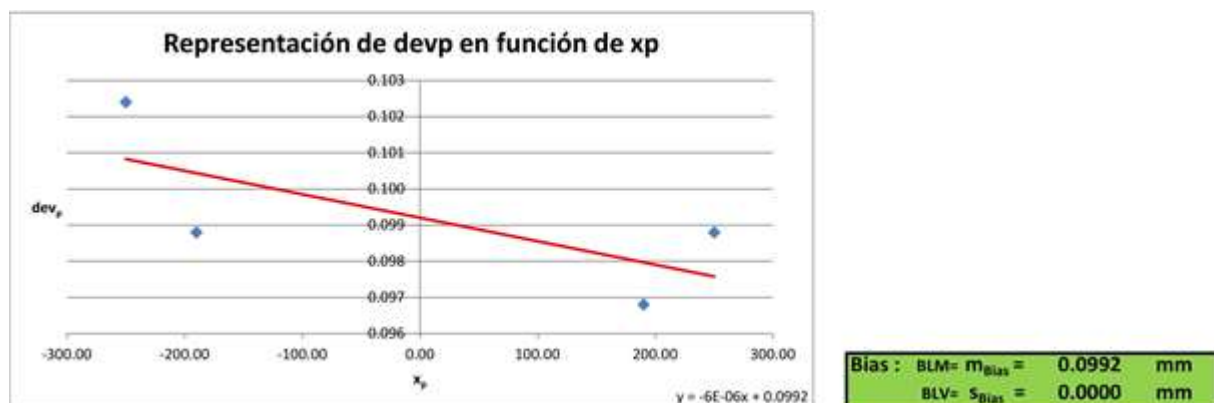
Para comprenderlo mejor poniendo un ejemplo, al medir con una regla se desea que la distancia de 1mm entre marcas sea igual al principio, a la mitad y al final de esta.

En el caso de las cámaras de video o fotos este efecto puede estar influenciado por las ópticas que se utilizan y que deforman la imagen en sus extremos.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez se tengan las 50 medidas se utilizará la herramienta Excel OAQ062016\_v471 en su apartado "BIAS", provista por el Grupo. Un ejemplo visual de este proceso se muestra en el anexo pág.87 con un caso real.

En la Fig. 23 se muestra un extracto de los resultados que arroja el estudio. Por un lado, se muestra un gráfico con la diferencia de las medias totales con el valor de referencia para cada uno de los grupos de estudio, y por otro el resultado numérico del error total y la desviación típica total.



*Fig. 23 Resultados del estudio de tendencia y linealidad.*

Los valores en este estudio obtenidos se utilizarán directamente en el cálculo de índices de rendimiento %R y %M.

De obtener valores importantes respecto a las tolerancias se deberá realizar un análisis de los posibles problemas que originan las desviaciones. Se puede dar que con la obtención de estos datos se pueda extraer que los instrumentos de medida no están correctamente orientados o colocados.

### 4.4.6 Estudio R&R - Reproducibilidad y Repetibilidad

Para el siguiente estudio se tiene como objetivo constatar el efecto que tienen los distintos elementos del proceso sobre la medida. Entre los efectos más influyentes para la incertidumbre de medida se considera el efecto operario y el efecto pieza o producto.

Para la realización de este estudio se considerará lo siguiente:

- 10 piezas o productos distintos.

- 3 operarios que realizan la medida.
- 3 repeticiones por pieza y operario.

En total se realizan 90 medidas (10x3x3), que deben estar espaciadas en 3-5 días para retratar en lo máximo posible los efectos del día a día.

## EFFECTOS SOBRE LA INCERTIDUMBRE

### Efecto operario

- Los seres humanos son distintos por naturaleza, considerando esto se toma en cuenta que cada operario tendrá criterios distintos a la hora de medir, como también es posible que produzca errores de medida de forma involuntaria. Todos estos factores influyen en el crecimiento de la incertidumbre de medida.

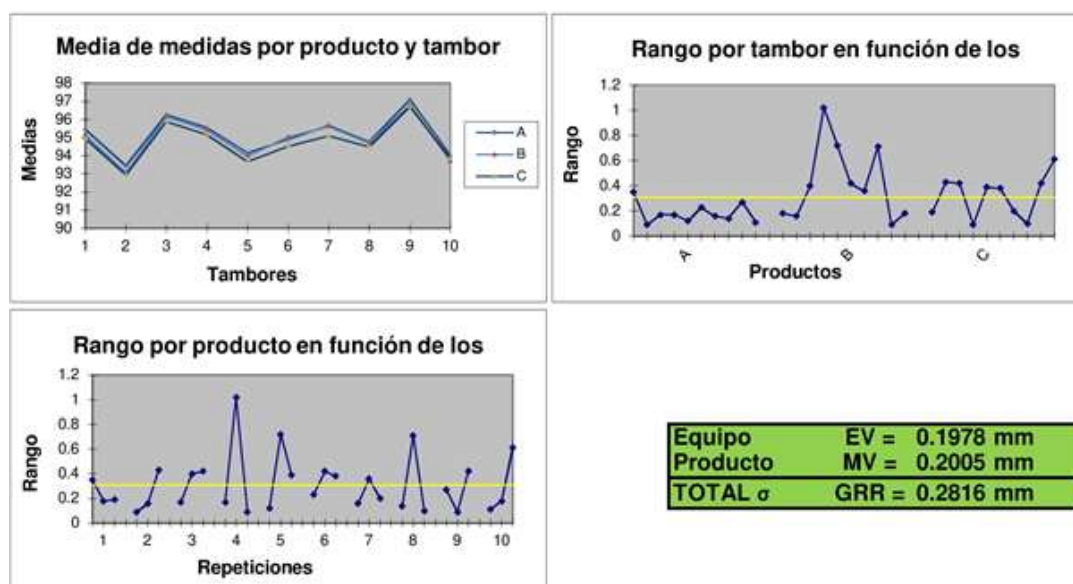
### Efecto producto

- Los productos con que se trabaja son bandas de goma, con todos los problemas que ello supone. A continuación, se muestran varios de estos:
  - Alargamientos. La goma durante su manipulación sufre alargamientos que influyen en sus dimensiones finales, afectando en sus cotas de puesta.
  - Retracción por temperatura. Dependiendo la etapa en que se encuentra la goma puede ser un parámetro influyente y se debe tener en cuenta.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez se tengan las 90 medidas se utilizará la herramienta Excel OAQ062016\_v471 en su apartado “R&R”, provista por el Grupo. Un ejemplo visual de este proceso se muestra en el anexo pág.88 con un caso real.

En la Fig. 23 se muestra un extracto de los resultados que arroja el estudio. Por un lado, se muestran distintos gráficos, uno de medias y varios de rangos, y por otro los valores numéricos de las desviaciones típicas de los distintos efectos junto a la suma cuadrática de estos. Los gráficos servirán para visualizar rápidamente posibles problemas, de contar con valores de desviación demasiado altos.



**Fig. 24** Resultados del estudio de reproductibilidad y repetibilidad (R&R).

#### 4.4.7 Análisis de resultados. Índices de rendimiento %M y %R

Se debe diferenciar entre dos posibles casos, estudio sobre medidas destructivas y no destructivas. Además, en cuanto a los criterios de aceptación se diferenciará entre aceptable (A), marginalmente aceptable (MA) y no aceptable (NA). En la Fig. 25 se muestran dichos criterios.

%R \ %M	≤ 5%	5-10%	≥ 10%
≤ 10%	A	MA	NA
10-30%	MA	MA	NA
≥ 30%	NA	NA	NA

%R \ %M	≤ 10%	10-15%	≥ 15%
≤ 30%	A	MA	NA
30-50%	MA	MA	NA
≥ 50%	NA	NA	NA

**Fig.25** Criterios de aceptación. Izquierda: no destructivo. Derecha: destructivo.

En el caso de encontrarse con la hipótesis de obtener un marginalmente aceptable se podrá validar el proceso, pero se deberán hacer más pruebas como el estudio complementario consistente en el cálculo de la capacidad de proceso y de las tasas de fugas y falsos positivos. De mostrar también unos resultados pobres en la capacidad de proceso se deberán realizar planes de acción urgentemente.

#### 4.4.8 Estudio complementario (capacidad de proceso y tasas de fugas y de falsos positivos)

Para la realización del estudio complementario consistente en calcular la capacidad del proceso y las tasas de fugas y de falsos positivos se realizará una misma toma de datos de 125 medidas comprendidas entre 2 y 5 días intentando no realizarlas seguidamente.

La toma de medidas se realizará durante la marcha corriente sin ningún tipo de requisito especial. Se intentará realizar el estudio para un solo producto para evitar el efecto producto en la incertidumbre de medida.

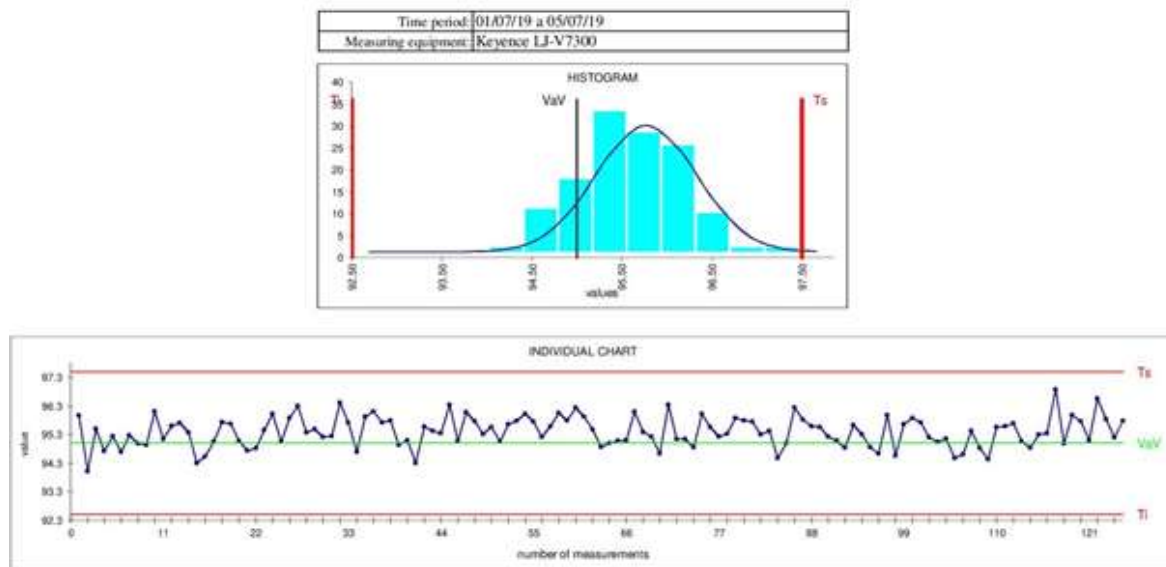
### CAPACIDAD DE PROCESO: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el PME al necesitar realizar las medidas en un corto periodo de tiempo se utilizarán los indicadores Pp y Ppk donde por requisito deben ser menores a 1,66. El uso de los indicadores Cp y Cpk quedarán reservados a los casos en que se pueda tener una población de medidas de un largo periodo de tiempo de meses a 1 año, y que tienen un requisito de ser menores a 1,33.

Una vez se tengan las 125 medidas se utilizará la herramienta Cepek, provista por el Grupo. Un ejemplo visual de este proceso se muestra en el anexo pág.89 con un caso real.

En la Fig. 26 se puede observar un extracto de los posibles resultados obtenidos por el estudio. En el caso observado se puede ver cómo el proceso está desplazado de forma sistemática, por lo que del estudio se puede concluir que será necesario reglar la máquina.





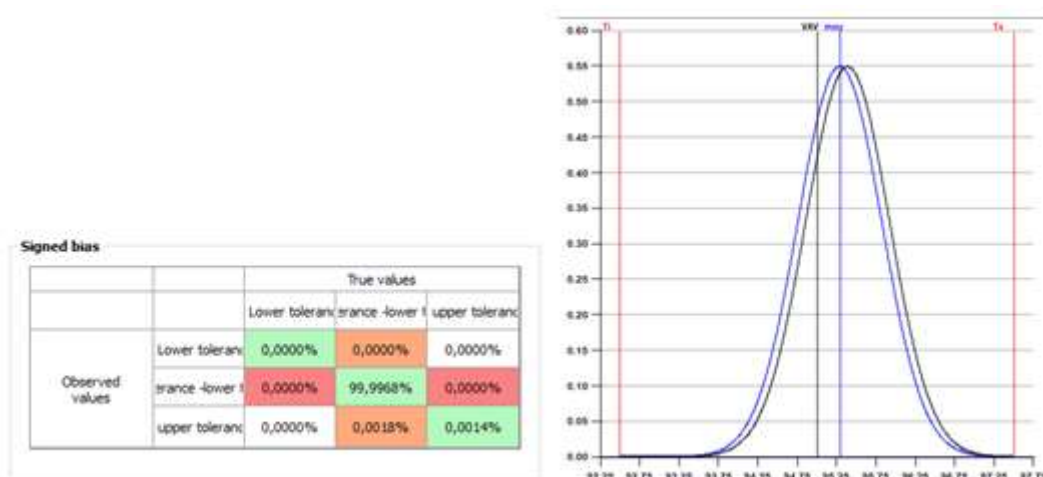
*Fig. 26 Estudio complementario. Capacidad de proceso.*

También hay que destacar que para este estudio se realiza una comprobación de si la población de datos se acerca a una distribución normal ya que es requisito indispensable para poder usar la formulación del estudio. Esta comprobación se realiza con una confianza del 5%.

### TASAS DE FUGAS Y DE FALSOS POSITIVOS: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con las mismas 125 medidas del estudio de capacidad de proceso se introducen en la herramienta Artemis, provista por el Grupo. Un ejemplo visual de este proceso se muestra en el anexo pág.89 con un caso real.

En la Fig. 27 se muestra un extracto con los resultados de un caso de estudio. En este se puede visualizar en verde el porcentaje de productos que han sido medidos de forma correcta, ya sea dentro de tolerancias o fuera. En rojo se encuentran los valores considerados como falsos positivos y que influyen directamente en el coste cliente (reclamaciones, incremento de revisiones...). Finalmente, en naranja se encuentra la tasa de fugas valores dentro de tolerancia que se han medido como fuera de tolerancia, este porcentaje influye en el coste industrial como material perdido o desechado.



*Fig. 27 Estudio complementario. Tasas de fugas y de falsos positivos*



#### **4.4.9 Cumplimentación del DVPM (dossier de verificación de medida y ensayo)**

En el anexo se pueden observar los informes del DVPM cumplimentados para el caso de estudio analizado en el siguiente capítulo de este documento. El DVPM consta de una serie de informes que tratan de mostrar toda la información importante de los estudios estadísticos además de otras referencias documentales a otros documentos de interés como puede ser el del método operativo del proceso o los procedimientos para asegurar la calibración de los elementos de medida.

A continuación, se explica brevemente la finalidad de cada uno de estos:

- **DVPM 08 (QL) – Síntesis de la evaluación local.**
  - Recoge en una misma hoja toda la información de los resultados obtenidos en los estudios estadísticos realizados.
- **DVPM 11 (QL) – Formalización de calificación local.**
  - Incluye el resultado final del estudio (%R y %M) junto a otras referencias documentales que definen el sistema de medida como elementos identificativos o la correcta implantación de las disposiciones para el aseguramiento de la calidad.
  - Este documento debe firmarse por las tres partes involucradas en la validación del PME.
- **DVPM 12 – Plan de robustez industrial.**
  - Muestra los pasos necesarios para la consecución del plan. Muestra las fechas del estudio y si cada uno de los pasos se ha realizado satisfactoriamente.
  - Este procedimiento se debe hacer durante 1 año, por lo que inicialmente se deja fuera del PME para luego añadirlo cuando esté listo.
- **DVPM 13 – Certificación de validación.**
  - Recoge a modo de resumen todos los documentos anteriores, mostrando referencias documentales y si se ha cumplido con los procedimientos que en él se encuentra.
  - Este documento debe firmarse por las tres partes involucradas en la validación del PME.

#### **4.4.10 Cumplimentación del PME (proceso de medida y ensayo)**

Por último, se desarrolla un documento en Word en que se incrustarán todos los documentos en este proyecto tratados. Entre la información que en este se muestra se encuentra un resumen descriptivo de los instrumentos de medida, los resultados finales de los índices de rendimiento obtenidos, y otras referencias documentales como el método operativo.

#### **4.4.11 Validación por parte de la fábrica**

Consiste en el mutuo acuerdo de todas las partes implicadas en la firma de los informes como que el sistema de medida es válido para su uso en el proceso estudiado.

Las partes implicadas para el PME consisten en el técnico MTP, el responsable DMP y un representante de calidad.

Con este paso se da por concluida la realización del PME, aunque se deberán realizar más tareas relacionadas con este documento como se muestra en próximos apartados.

#### **4.4.12 Incorporación a la base documental**

Se contacta con la gestora documental y se le facilitan dos documentos, el PME correctamente referenciado y la lista de redifusión con las personas que deberán ser avisadas de la creación del documento.

#### **4.4.13 Estudio de robustez industrial**

Se trata de un estudio que se debe hacer, pero que debido a que se debe realizar durante un año, se deja temporalmente fuera del PME para luego introducirlo cuando este esté listo.

En este estudio se debe comprobar que no existen desviaciones sistemáticas ni erráticas en la medida a lo largo del tiempo. Y de existir se deben realizar los ajustes necesarios previo análisis de las 5Ms para encontrar las posibles causas.

Para estas medidas se realizarán tomas directas de la producción real de la máquina, que si se desea evitar introducir efectos de producto se puede filtrar para hacer el estudio con un solo producto, sin mezclar todos los posibles productos.

#### **4.4.14 Homologación por parte del grupo**

Una vez terminada la implantación se deberá remontar toda la documentación pertinente a esta a la base documental del Grupo, para que este estudie el caso y de decidirlo lo homologue.

La homologación consiste en dar el visto bueno a la solución, facilitando toda la información a las fábricas de todo el Grupo para que puedan aplicarla si lo desean.

### **4.5 POSIBLES EVOLUCIONES Y PLANES DE ACCIÓN**

En este apartado se tratarán de desarrollar distintos casos hipotéticos donde los resultados obtenidos se alejarán de los requisitos mínimos de calidad. Sobre estos casos se intentará explicar posibles planes de acción o evoluciones necesarias para la mejora.

A continuación, se irá tratando individualmente para cada estudio los planes de acción seguidos para la mejora de los resultados, además de las consecuencias de permanecer utilizando el sistema bajo esas condiciones.

#### **ESTABILIDAD**

De mostrar resultados no conformes es motivo suficiente para invalidar toda medida realizada con ese sistema de medida, necesitando de forma urgente arreglar las causas que afectan a este.

De mostrar una no conformidad se debe:

- Revisar la instalación del sistema de medida, que no tenga juegos no deseados y le afecten otros agentes externos como vibraciones, calor, etc.
- Revisar que el elemento a medir permanezca fijo siempre en el mismo lugar.
- Revisar el sistema de medida (configuración, características técnicas, etc.).

De no corregir esta incidencia los valores medidos carecerán de exactitud y por tanto se incrementarán las tasas de fugas y de falsos positivos, afectando al coste de la producción.

## TENDENCIA Y LINEALIDAD

Con las gráficas facilitadas se puede extraer la distribución de errores seguida a lo largo del campo de medida, esto de por sí puede dar pistas del problema como se muestra a continuación:

- Revisar el sistema de medida, si está bien parametrizado y si el ambiente es adecuado (temperatura, humedad, vibraciones, campo de medida, etc.). Existen sensores no lineales que se deben parametrizar para que la medida obtenida sí sea lineal.
- Revisar que el sistema de medida esté bien instalado (geometría). Como ejemplos, cámaras perpendiculares a la medida o células de carga con superficie de pesada horizontal. Las gráficas pueden dar pistas al encontrar tendencias oblicuas.
- Revisar que el elemento a medir esté dentro del campo de medida estudiado o si se debe disponer o direccionar el sistema de medida de otra forma ajustándose al producto o máquina.

## R&R - REPRODUCTIBILIDAD Y REPETIBILIDAD

De mostrar resultados de índices de rendimiento %R y %M fuera de requisitos es motivo de invalidar las medidas realizadas con este.

Para mejora de %M (error sistemático):

- Reglar sistema de medida, cotas y direccionamientos.
- Reglar máquina.

Para mejora de %R (error aleatorio):

- Evaluar 5M de nuevo.
- Reglar máquina, evitando juegos.
- Revisar sistema de medida.

## CAPACIDAD DE PROCESO

De mostrar una baja capacidad esto es indicativo de que el sistema no es tan capaz de producir el producto con las tolerancias marcadas como se espera de él. Existen distintas vías de mejora:

- Evaluar 5M de nuevo para encontrar causas y eliminarlas.
- Mejorar el proceso, reglando o añadiendo nuevos sistemas.



## CAPÍTULO 5. PROCESO DE MEDIDA Y ENSAYO. CASO PRÁCTICO

Por confidencialidad de datos se ha llegado al acuerdo de simular los datos de medida propios de los estudios estadísticos, no siendo estos pertenecientes a un proceso real, además se han escondido varias de las referencias documentales. Toda la información restante sí será real a como se realizará en la fábrica.

Se considera que ninguna de estas modificaciones afecta en la explicación didáctica que se realizará para el desarrollo del PME tratado en siguientes apartados. Con los valores de medida considerados se ha pretendido poder analizar un caso hipotético donde se necesita de todos los estudios y documentos tratados en el PME, al igual que con el caso real del que se hablará.

Además, como última consideración, en este PME se trabaja con dos perfilómetros y por tanto sería necesario realizar estudios individuales para cada uno de ellos (demás documentos del PME son comunes entre estos). Como la diferencia entre estos dos estudios es mínima se ha decidido únicamente explicar uno de los casos, mostrando únicamente los resultados del otro.

### 5.1 INTRODUCCIÓN

En siguientes apartados se tratará de explicar un proceso de implantación real para el que se necesita realizar un PME. Para este caso se ha optado por elegir un sistema de medida de nueva creación que pretenderá sustituir al muestreo manual que se llevaba haciendo hasta el momento. Para este caso se necesitará hacer uso de todos los pasos y estudios propios del PME.

En este capítulo por tanto se mostrarán todos los pasos que debe realizar el técnico en MTP<sup>19</sup> para la realización del PME, siendo este el encargado de tanto la creación como el pilotaje de todo paso necesario del PME.

#### 5.1.1 Antecedentes

En las máquinas de confección, compuestas por cerca de 20 puestos cada una, donde se superponen productos sobre un tambor hasta formar la carcasa<sup>20</sup>, actualmente para el seguimiento y control estadístico se realizan medidas mediante muestreo, realizadas estas por un auxiliar de medida y con ayuda de un calibre que se apoya sobre soportes que deben estar controlados por metrología anualmente. Estos soportes se encuentran estratégicamente colocados en 5 puestos donde desde ellos se puede realizar la medición de las 27 características que definen los subproductos (cotas interiores y exteriores).

#### 5.1.2 Justificación

Debido a que estos muestreos necesitan de mucho tiempo, y mientras se realizan es necesario parar la producción, se ha decidido investigar la posibilidad de implementar un sistema automático de toma de medidas en continuo.

---

<sup>19</sup> MTP - Maîtrise Totale du Procédé o Dominio Total de Proceso.

<sup>20</sup> Carcasa – Producto semiterminado que consta de todos los productos salvo los formados por el bandaje, compuesto este por banda de rodadura y tejidos metálicos de cima.

Se estima que el tiempo invertido por el auxiliar es de 1h por máquina y día. Considerando que hay un total de 3 máquinas de confección, y que el tiempo de parada en máquina necesario suele ser de 20min por máquina y día. El total de tiempo utilizado por día es de 3h por el auxiliar y 1h de parada de producción para las máquinas.

### 5.1.3 Objetivos

El objetivo de este proyecto es el de realizar el proceso de medida y ensayo (PME) para la nueva implantación en curso. Para ello se segregarán los objetivos según las tareas necesarias para la correcta consecución de este.

- Cumplimentar el PME, realizando cada uno de los estudios y asegurando que existan todos los informes cuya responsabilidad es de otros departamentos pero que deben estar recogidos en el PME.
- Ayudar en el desarrollo del software de visión artificial de los perfilómetros para que incluya todas las funcionalidades necesarias para el aseguramiento de la calidad.
- Asegurarse de que exista una plantilla o cala y que se pase por metrología.
- Asegurar que la persona encargada de realizar las medidas las realice según unos requisitos marcados por el técnico en MTP.
- Acelerar en lo posible el desarrollo del proyecto para robustecer la extracción de las medidas a partir de las imágenes.

### OBJETIVOS DE LA IMPLANTACIÓN

- Reducir tiempos perdidos en el ciclo productivo debidos al muestreo manual, estimados en unos 5 min al día por cada puesto (1h al día para cuando se termine de implantar en todos los puestos de las 3 máquinas).
- Tener un mayor número de datos con lo que el control de proceso será más veraz y rápido.
- Reducir el efecto operativo de la incertidumbre de medida, además de reducir la dependencia en la disponibilidad tanto de auxiliar como de máquina.

## 5.2 DESARROLLO

	27-may	10-jul	TOTAL	
Ponerse de acuerdo con implicados	10h		10h	
Consultar documentación del grupo	3h		3h	
Preparación y realización de medidas para estudio	15h		15h	
Análisis estadístico de datos		1h	1h	
Realización del DVPM	4h	1h	1h	6h
Seguimiento de otros documentos y procedimientos		5h		5h
Realización del PME		3h		3h
Validación de responsables y subida a base documental			1h	1h
				<b>44h</b>

**Tabla 2** Diagrama GANTT. Distribución de tiempo para la realización del PME completo.

En este apartado se tratará de explicar paso a paso el desarrollo completo de un PME para el caso de estudio, cámaras laser que miden cotas de puesta de producto para máquina de confección.

De forma aproximada se realiza una planificación del tiempo dedicado para este proyecto mostrado en la Tabla 2.

### **5.2.1 Estudio de la necesidad**

Desde la oficina técnica de la fábrica Michelin de Valladolid se ha comenzado el estudio, desarrollo e implantación del sistema de medida tratado en este TFM. Una vez el proyecto se encuentra en la etapa donde el sistema está montado y se está testando, se le comunica al técnico en MTP el encargo de realizar el PME para su posterior validación y homologación, capacitando el sistema para su utilización en marcha corriente.

Esta nueva implantación tiene el carácter de nueva creación, por lo que contará con un mayor número de procedimientos. Además, como el sistema no está previamente desarrollado por el Grupo, no cuenta con procedimientos ni requisitos de implantación previos, y necesitará de una posterior homologación por parte de representantes de la matriz.

### **5.2.2 Preparativos previos a la medida**

#### **COMUNICACIÓN CON TÉCNICO DE PROGRESO, AUTOMATISTA Y ESPECIALISTA EN VISIÓN ARTIFICIAL**

Se comprueba estado actual del ciclo de medida, obteniendo conclusiones para su mejora. En esta reunión se pide la inclusión de un ciclo automático de VQM<sup>21</sup>, además otros ciclos para extracción de medidas para los estudios (como por ejemplo dar las 3 repeticiones por tambor para el caso del estudio de repetibilidad).

#### **COMUNICACIÓN CON TÉCNICO DE CALIDAD DE LA MÁQUINA**

Siendo el responsable último de la máquina y quien tiene los programas y la formación para extraer las medidas, se pone en contacto con esta persona para preguntar por disponibilidades tanto suyas como de máquina para la toma de medidas. Se decide utilizar los tiempos de parada para preventivo de la máquina para la toma de estas medidas, evitando así perder tiempos de producción.

#### **COMUNICACIÓN CON METROLOGÍA Y CREACIÓN DE PLANTILLA**

Para la toma de medidas de los estudios de estabilidad y tendencia lineal es necesaria la medida de puntos conocidos, por lo que se crea una plantilla pasada por metrología. Además, dicha plantilla se utilizará para calibrar las cámaras.

#### **REVISIÓN DE LAS 5Ms**

Se revisa:

---

<sup>21</sup> VQM – Verificación de la calidad de la medida. Es un elemento que pasa por metrología con características conocidas. Trata de verificar que el sistema de medida no tiene desviaciones en el tiempo.

- **Máquina y sistema de medida.** El proceso es conocido y la mecánica de máquina y sistema de medida son robustos. El apartado del software y la forma de realizar el ciclo del sistema de medida están en estas etapas aun en desarrollo, añadiendo cambios y mejoras. Aun con todo esto el error en este apartado no se considera significativo, mejorando en todo caso el método anterior de calibre (menos preciso).
- **Materia.** Cada producto tiene características distintas, aun así, el error para este tipo de medida no será significativo.
- **Medio Ambiente.** El entorno está cerrado por una cúpula de protección donde los únicos elementos que producen calor son los motores de la maquinaria, que primero no están cerca del producto y segundo evacuan el calor mediante ventilación forzada.

Por ser un sistema automático sin presencia humana:

- **Mano de obra.** No se tiene ningún tipo de interacción con el ciclo de medida, este realiza medidas 100% en continuo.
- **Método.** El método seguido por las cámaras es siempre el mismo por lo que no se introduce ninguna incertidumbre significativa sobre la medida.

## VERIFICACIÓN FINAL DEL CICLO DE MEDIDA

Se comprueba que todos los ajustes y configuraciones se encuentran conformes a los requisitos impuestos.

Se revisan por lo tanto los siguientes ciclos:

- Ciclo de medida en continuo.
- Ciclo de VQM.
- Ciclo para medir con 3 repeticiones por tambor.

### 5.2.3 Toma de medidas

De forma práctica, debido a que la máquina en cuestión está cerca de ser un cuello de botella<sup>22</sup>, se ha decidido aprovechar las paradas semanales programadas para el mantenimiento preventivo para la realización de la toma de medidas.

La planificación considerada será la mostrada a continuación:

## MEDIDAS REALIZADAS EN PARADAS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Debido a la necesidad de realizar un gran número de medidas y existir la opción de avanzar rápido en su toma, se ha considerado realizarlas durante las paradas de mantenimiento preventivo para evitar quitarle a la máquina tiempos de ciclo productivo.

Día 1

- **Tendencia y linealidad.** Se miden a partir de una plantilla pasada por metrología un total de 4 puntos conocidos y espaciados para todo el rango de medida. Se realiza un mínimo de 5 tomas suficientemente espaciadas en el tiempo, intentando llegar al objetivo de 8. Medidas totales 32 de 96, para 8 tomas/día de un total de 3 días.

---

<sup>22</sup> Cuello de botella - Cuando en una cadena productiva, la máquina en cuestión está utilizando la totalidad de su tiempo para la producción, utilizando toda su capacidad sin margen de maniobra.



- **R&R (Reproductibilidad y Repetibilidad).** Se mide sobre producto para un total de 10 tambores, para un solo producto y con 3 repeticiones por producto y tambor. Se deben dejar 10 tambores con producto antes de realizar la parada para preventivo. De esta forma se realizarán 30 medidas de un total de 90.

Día 2

- **Tendencia y linealidad.** Se realizan otras 32 medidas.
- **R&R.** Se realizan otras 30 medidas.

Día 3

- **Tendencia y linealidad.** Se realizan las últimas 32 medidas.
- **R&R.** Se realizan las últimas 30 medidas.

## MEDIDAS DURANTE MARCHA CORRIENTE

Día 1

- **Estabilidad.** Mediante la ejecución manual desde el PLC de un ciclo de medida, se realizará la medida de un punto fijo de un tambor conocido. Este valor debe ser el mismo durante todo el estudio, cuyo valor no es significativo. El punto elegido para la medida es el entre gargantas del tambor, lugar donde se colocan los aros. Se realizará un total de 3 repeticiones/día a lo largo de 30 días. El ciclo de medida lo deberá activar el operario o el técnico de calidad. Medidas totales 3 de 90.
- **Capacidad.** De forma automática, el propio PLC realiza medidas 100% sobre producto real propio de la marcha corriente. Se programará el PLC para guardar una de las cotas de puesta de producto para el 100% de los productos. Posteriormente se extraen los valores necesarios hasta completar 125 medidas repartidas de 3-5 días distintos.

Día 2 y siguientes

- **Estabilidad.** Se realizan otras 3 medidas por día hasta cumplir 30 días en total.
- **Capacidad.** Se realizan medidas en automático, necesitando en total 3-5 días.

## PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MEDIDAS

- **ESTABILIDAD**
  - Se realiza cualquier día, para un total de 25-30 días.
  - Se deja un tambor conocido vacío sin producto, donde se medirá una de las partes de este.
  - Cuando el tambor vacío se introduzca en el puesto, el operario o el técnico de calidad ejecutará el ciclo de medida con 3 repeticiones del PLC.
  - El ordenador que gestiona las cámaras realiza todos los pasos de tratamiento de imágenes y exporta las medidas en un archivo csv.
- **TENDENCIA Y LINEALIDAD**
  - Se espera hasta una parada de mantenimiento preventivo de la máquina.
  - Se desbloquea puerta de seguridad para su apertura.
  - Se monta y atornilla plantilla sobre un tambor vacío, verificando que queda bien sujeto.
  - Se cierra estancia de seguridad de la máquina.
  - Desde la pantalla del PLC de la máquina se busca el ciclo de medida VQM y se ejecuta (este ciclo tiene los mismos pasos que se necesitan para este estudio).

- El ordenador que gestiona las cámaras realiza todos los pasos de tratamiento de imágenes y exporta las medidas en un archivo csv.
- R&R - REPRODUCTIBILIDAD Y REPETIBILIDAD
  - Se espera hasta una parada de mantenimiento preventivo de la máquina, donde previamente se le comunica al operador de máquina que deje parados 10 de los tambores aun con producto antes de comenzar el preventivo.
  - Desde la pantalla del PLC de la máquina se busca el ciclo de medida para 3 repeticiones y se ejecuta para cada tambor que pasa por el puesto.
  - El ordenador que gestiona las cámaras realiza todos los pasos de tratamiento de imágenes y exporta las medidas en un archivo csv.
- CAPACIDAD.
  - Para este estudio se necesitan medidas propias de la marcha corriente por lo que se activarán las cámaras para medir todo producto que pase por ellas, realizando todos los pasos hasta tener los datos finales de cotas de puesta.
  - De todas estas medidas se debe extraer la información deseada, en este caso datos de una sola cota para 3-5 días distintos.

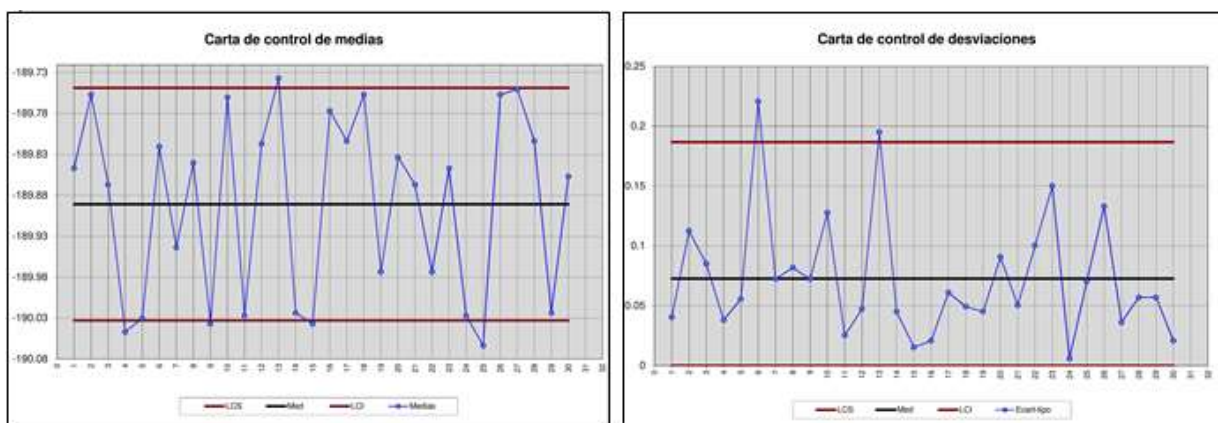
#### 5.2.4 Análisis estadístico de datos. Estudio de estabilidad

Una vez obtenidas todas las medidas se introducen en la herramienta Excel OAQ062016\_v471 en su apartado “Stability”, provista por el Grupo. La vista completa de la aplicación junto a datos introducido y resultados se encuentra en el anexo pág.86.

Un extracto de los resultados obtenidos se encuentra en las figuras Fig. 28 y Fig. 29.

$m_{stab} =$	<b>-189.891 mm</b>
$S_{stab} =$	<b>0.0821 mm</b>

*Fig. 28 Resultados analíticos del estudio de estabilidad. Media y desviación.*



*Fig. 29 Resultados gráficos del estudio de estabilidad. Cartas de medias y de desviaciones.*

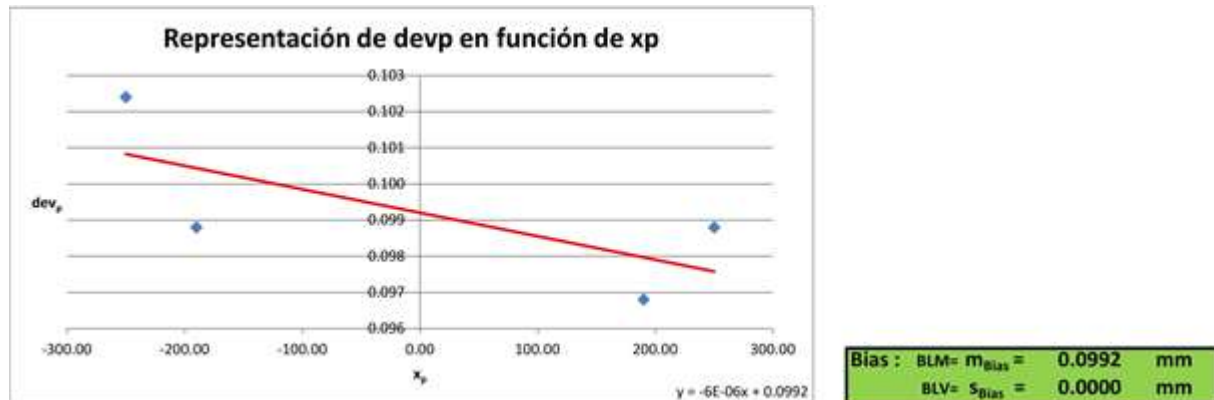
De los resultados obtenidos se puede analizar que no se encuentra ninguna incidencia (gran parte de los puntos fuera de límites) y los valores numéricos son despreciables frente a las tolerancias de la aplicación estudiada ( $\pm 2,5\text{mm}$ ).

El resultado numérico  $S_{stab}$  será posteriormente utilizado para el cálculo del coeficiente %R.

### 5.2.5 Análisis estadístico de datos. Estudio de tendencia y linealidad

Tras obtener las 90 medidas se introducen en la herramienta Excel OAQ062016\_v471 en su apartado “BIAS”, provista por el Grupo. La vista completa de la aplicación con sus cartas y resultados numéricos se encuentran en el anexo pág.87.

Se muestra un extracto con los resultados en la Fig. 29 mostrada a continuación.



*Fig.30 Resultados del estudio de tendencia y linealidad.*

De los resultados obtenidos se puede analizar que los perfilómetros están ligeramente desviados hacia el interior y el plano en que se encuentran no es paralelo al de la plantilla o producto. Por otro lado, los valores de variación son suficientemente pequeños como para no realizar nuevas modificaciones.

Los resultados numéricos obtenidos serán posteriormente utilizados para el cálculo de los coeficientes %R y %M.

### 5.2.6 Análisis estadístico de datos. Estudio R&R

Para la aplicación estudiada se ha necesitado modificar los requisitos del estudio que contemplaban los efectos de producto y operario. Como en la aplicación actual no existe el efecto operario, pero sí que existe un efecto importante en los tambores debido a la forma en que se posicionan en el puesto, se ha decidido cambiar los parámetros de diseño del estudio. Considerando todo esto, los resultados obtenidos serán fuentes de desviación según el efecto del tambor y según producto.

Un extracto de los resultados se mostrará en la Fig. 31. De estos resultados se puede analizar que existe mayor variabilidad con uno de los productos (B) y que para varios de los tambores se encuentran mayores saltos que para otros. Esta información puede ser útil de cara a la mejora, ya que se lleva la suficiente trazabilidad como para conocer en que instantes se realizaron las medidas, que productos se producían, etc.

Los resultados numéricos mostrados son las desviaciones típicas de los efectos sobre la dispersión analizados. La forma de sumar los efectos es por suma cuadrática y el resultado se puede ver como GRR, y que será posteriormente utilizado para el cálculo del coeficiente %R.

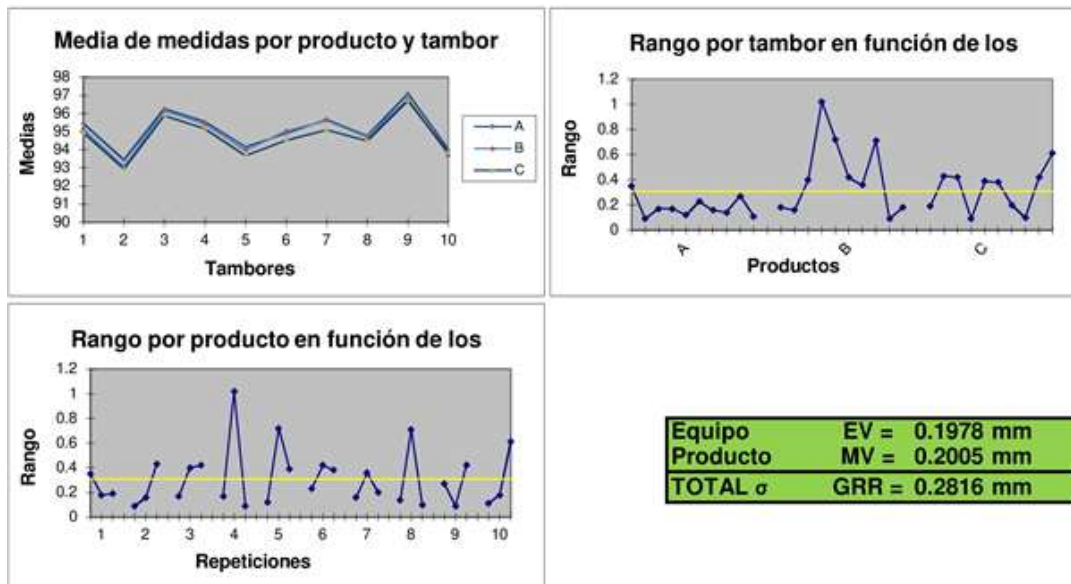


Fig. 31 Resultados del estudio de reproductibilidad y repetibilidad (R&R).

### 5.2.7 Análisis y decisión sobre los índices de rendimiento %M y %R

Una vez realizados los estudios de estabilidad, tendencia lineal y R&R, con buenos resultados, se procede a hacer el cálculo de los índices de rendimiento %M y %R. En la Fig. 32 se muestra tanto resultados como coeficientes intermedios de cálculo.

Componente	Incertidumbre	Incertidumbre expandida	Indicador	Cálculo
Sistemático	$m_{\text{meas}}$ 0.0992		%M	$(m_{\text{meas}}) / \min(\text{target}-T_i, T_s-\text{Target})$ ● <b>4.0%</b>
Aleatorio	$S_{\text{meas}}$ 0.2816	$U_{\text{meas}} = 3 \times S_{\text{meas}}$ 0.8448	%R	$(U_{\text{meas}}) / \min(\text{target}-T_i, T_s-\text{Target})$ ● <b>33.8%</b>

Fig. 32 Índices %M y %R obtenidos.

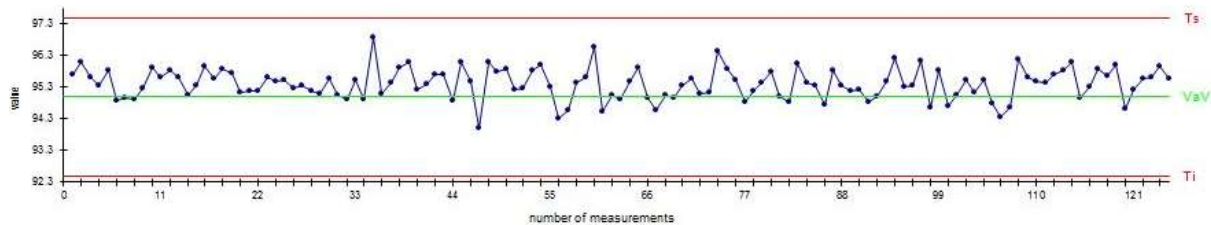
De los resultados obtenidos el componente sistemático se encuentra aceptable, aunque se reglará la máquina para eliminarlo por completo. El componente aleatorio se encuentra en el área de marginalmente aceptable, donde será necesario hacer un estudio de capacidad de proceso para que el proceso se pueda validar de tener buenos resultados.

### 5.2.8 Estudio complementario. Capacidad de proceso y tasas de fugas y falsos positivos

Para el estudio complementario se realizará una misma toma de medidas de 125. Se procederá a realizar el estudio de capacidad por un lado y el cálculo de las tasas de fugas y falsos positivos por otro.

## CAPACIDAD DE PROCESO

Se introducen las medidas en la herramienta Cepek, facilitada por el Grupo Michelin. La vista completa de la herramienta con la información introducida y de resultados se encuentra en el anexo pág.89. Un extracto de la visualización de los datos se muestra en la Fig. 33.



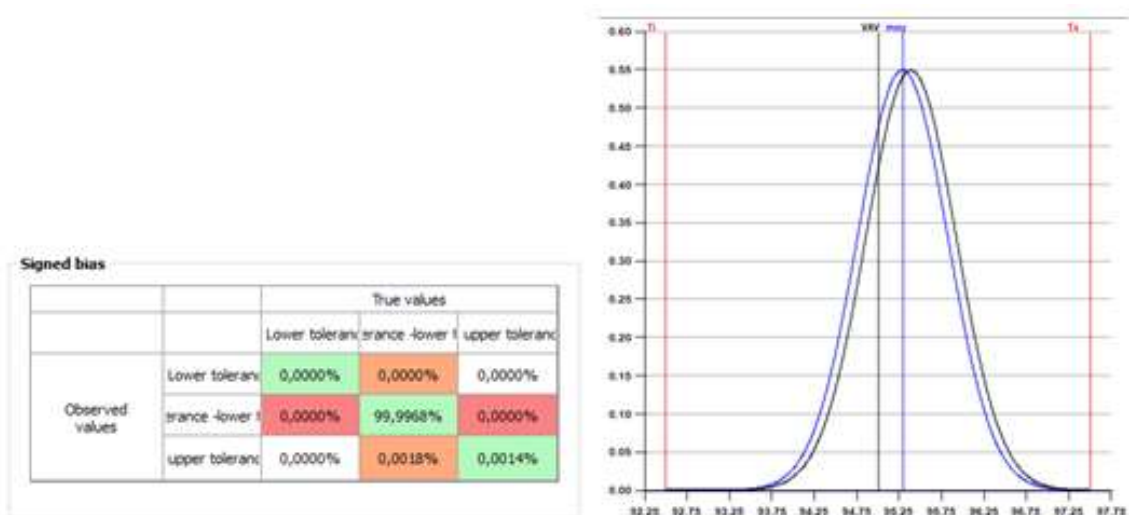
**Fig.33** Carta de medidas del estudio de capacidad.

Del estudio se obtienen más datos como media, mediana, desviación típica, etc. Toda esta información junto a la carta de medidas ayudará a la toma de decisiones en caso de necesitar realizar cambios sobre proceso. Se pueden ver tendencias y analizar las posibles causas.

Finalmente, el resultado obtenido con este estudio ha sido de un Cp de 1.58 y de un Cpk de 1.33, valores más que aceptables para poder validar el PME.

## TASA DE FUGAS Y DE FALSOS POSITIVOS

Se introducirá la misma población de medidas del estudio de capacidad en la herramienta Artemis del Grupo Michelin. La vista completa de la herramienta junto a toda la información detallada se encuentra en el anexo pág.89. A continuación, en la Fig. 34 se muestra un extracto con los resultados numéricos junto a su visualización en un diagrama.



**Fig.34** Estudio complementario. Tasas de fugas y de falsos positivos

Los resultados obtenidos serán introducidos en el DVPM como requisito. De estos se puede apreciar que existe una pequeña proporción de fugas marcadas en rojo que afectarán directamente al cliente, y otra pequeña proporción de falsos positivos en naranja, que influirá en los costes de fabricación como pérdidas.

### **5.2.9 Cumplimentación de los informes del DVPM**

Se cumplimentan tres informes del DVPM, donde su versión finalizada se muestra en el anexo al final de este documento. Los informes en cuestión son los siguientes:

- DVPM 08 (QL) – Síntesis de la evaluación local
- DVPM 11 (QL) – Formalización de calificación local
- DVPM 13 – Certificación de validación

Una vez cumplimentados se llevan a las personas implicadas con el PME para que lo revisen y de dar el visto bueno realicen una firma donde se indica.

Más adelante se cumplimentará un cuarto informe consistente en el estudio de robustez industrial, que como se debe realizar durante un año, inicialmente no se incluye en el PME, pero tras su finalización se deberá actualizar el PME con la nueva información.

### **5.2.10 Cumplimentación del PME**

Debido al poco aporte que tiene el Word para el proyecto en cuanto a información, donde únicamente se incrustan los informes del DVPM y se reflejan los resultados de %M y %R, y como cuenta en su mayoría con referencias y codificaciones propias de la fábrica, por temas de confidencialidad se ha decidido no mostrar su contenido en este proyecto.

Este documento hace de índice para la búsqueda de información y de documentos en la base documental de la empresa.

### **5.2.11 Validación por parte de la fábrica**

La documentación del DVPM se entrega a las siguientes personas para su firma a modo de validar el PME:

- Técnico MTP. Encargado de la realización del PME.
- Responsable DMP. Responsable directo del trabajo del técnico MTP.
- Representante del departamento de calidad.

### **5.2.12 Entrega de documentación a la gestora documental**

Se facilitan los documentos correctamente nombrados a la gestora documental, para luego introducirlos en la base de datos de la fábrica para su libre acceso hacia el personal.

## **5.3 ETAPAS POSTERIORES**

Una vez finalizado el PME y por tanto parte de las obligaciones del responsable del documento, se deben realizar aún más pasos para la implantación estudiada y que no afecta en la resolución del PME pero que se debe registrar en este posteriormente.

Se comienza un nuevo estudio de toma de medidas que se realizará durante 1 año, una vez esté completado y si el resultado es satisfactorio se introducirá en PME. De no ser satisfactorio se

realizarán los ajustes oportunos sobre la implantación, para ello utilizando el análisis de las 5Ms.

Este proceso se debe remontar a la base documental del grupo para que estudien la implantación y decidan si homologarlo para que otras fábricas puedan implantarlo.

El caso de estudio conta de más etapas de implantación en otros puestos de la máquina, se pretende utilizar el mismo sistema una vez desarrollado para medir otras cotas de productos. Debido a que se tuvo en mente la compatibilidad de la implantación con otras características, esto es que sea altamente parametrizable, se puede realizar la implantación de una manera más fácil en las siguientes fases. Estas fases incluyen otros 4 puestos de la máquina, para después hacer lo mismo con las otras dos máquinas restantes.





## CAPÍTULO 6. ESTUDIO ECONÓMICO

El estudio económico se realizará valorando todo apartado relacionado con la realización de este TFM, desde formación para los ámbitos de aplicación y realización de las tareas, hasta la cumplimentación y desarrollo didáctico del TFM. En la Tabla 3 se muestra un diagrama de GANTT con los apartados más importantes y su disposición aproximada en el tiempo.

	03-jun	25-ago	TOTAL
Preparativos previos al TFM	12h		12 h
TFM: Planificación, formato y contenido		12h	12 h
TFM: Formación y búsqueda de información general		25h	25 h
PME: Formación y búsqueda de información		90h	90 h
PME: Desarrollo completo en fábrica		44h	44 h
TFM: Formación y búsqueda de información específica		40h	40 h
TFM: Redacción y ajuste de contenidos		60h	60 h
			<b>283 h</b>

*Tabla 3* Diagrama GANTT. Distribución de tiempo para la realización del TFM.

### 6.1 ETAPAS DEL TRABAJO

#### 6.1.1 Preparativos previos al TFM

Anterior al desarrollo del trabajo fin de máster ha sido necesario hablar con distintas personas con tal de poder hacer posible la realización de este. Entre estas personas se encuentran los tutores de universidad y empresa, y el responsable del departamento de calidad, quien da el permiso último de poder extraer información de dentro de la empresa.

Hablar con representantes de empresa y universidad.	12 h
<i>(Valoración y vista de posibilidades de realización del TFM en el ámbito de la calidad en control de proceso).</i>	<i>(24) h</i>
TOTAL	12 h

*Tabla 4* Cálculo de horas dedicadas al proyecto. Preparativos.

Marcado entre paréntesis en la Tabla 4 se encuentra la etapa de valoración de ideas para el desarrollo del TFM. Este apartado como no aporta valor al TFM y se puede considerar como un requisito previo, no se tomará en cuenta para la suma de horas invertidas en el proyecto.

### 6.1.2 TFM: Planificación, formato y contenido

Se planifican los capítulos, el orden en el cual comenzarlos, plazos y contenidos. En esta etapa se hace una recogida rápida de información para tener cierto criterio además de comenzar con la preparación de un Word con todos los ajustes de formato (letra, párrafo, espaciados, etc.) configurados.

Búsqueda de requerimientos: Formatos, contenidos y plazos.	2 h
Planificar contenidos: Información que se tiene, capítulos introductorios y técnicos, etc.	3 h
Preparación de formatos en Microsoft Word para facilitar introducción de contenido posterior. (Estilos, letra predeterminada, pies de página, etc.).	7 h
TOTAL	12 h

**Tabla 5** Cálculo de horas dedicadas al proyecto. TFM: Planificación, formato y contenido.

### 6.1.3 TFM: Formación y búsqueda de información general

En esta etapa se pretenden desarrollar dos de los capítulos. Para el capítulo 2 se hará una introducción sobre la empresa en que tiene lugar el proyecto, MICHELIN, y toda información que pueda estar relacionada con el desarrollo del PME. Y en el capítulo 3, se hablará sobre el entorno académico en que se desarrolla el proyecto, la calidad, SPC y otros elementos para los estudios del PME.

Michelin como empresa, búsqueda de información específica y todo lo que pueda estar relacionado con el trabajo de una forma introductoria.	10 h
Calidad Total. (Contexto general, herramientas, evolución histórica, etc.).	6 h
SPC. (Contexto, contenido específico, etc.)	5 h
Herramientas importantes (Cartas de control, Ishikawa, distribución normal, comprobación SW de normalidad, etc.).	4 h
TOTAL	25 h

**Tabla 6** Cálculo de horas dedicadas al proyecto. TFM: Formación general.

### 6.1.4 PME: Formación y búsqueda de información

Pautas de realización del PME, requisitos, documentos, pasos a seguir, etc.	40 h
Cómo se realizan de los estudios estadísticos.	40 h
Forma de trabajo en la empresa, responsabilidades y relaciones con otros departamentos.	2 h
Entorno del taller, máquinas y proceso productivo.	8 h
TOTAL	90 h

**Tabla 7** Cálculo de horas dedicadas al proyecto. PME: Formación y búsqueda de información.

### 6.1.5 PME: Desarrollo completo en fábrica

Tratado en el apartado 5.2, las horas totales necesarias para la realización de un PME, para el caso concreto de estudio, se han estimado en 44h.

### 6.1.6 TFM: Formación y búsqueda de información específica

Para la elaboración de los capítulos 4 y 7 es necesario un conocimiento más técnico de las tareas realizadas por lo que se hace una búsqueda de información con que apoyar las ideas finalmente mostradas.

Búsqueda de información técnica de la empresa para la realización de las tareas del PME. Estudios estadísticos, preparativos, análisis 5M, etc.	8 h
Búsqueda de referencias bibliográficas para apoyar y respaldar los estudios estadísticos. Requisitos, formas de realizarlos, principios estadísticos y/o matemáticos en que se basan, etc.	32 h
TOTAL	40 h

*Tabla 8* Cálculo de horas dedicadas al proyecto. TFM: Formación específica.

### 6.1.7 TFM: Redacción y ajuste de contenidos

Con toda la información de que se dispone es necesario sintetizarla y plantearla de una forma más didáctica con tal de redactarla sobre este TFM. En este apartado se hayan los capítulos 4 y 5, que muestran cómo se realizan las tareas de un PME siguiendo todos sus pasos.

Explicación de las etapas, mostrando supuestos más normales y herramientas.	8 h
Ajuste de la información contenida en los estudios estadísticos.	8 h
Explicación de cada uno de los estudios realizados junto a su base teórica.	42 h
Planteamiento de posibles supuestos que se tienen en la práctica junto a posibles soluciones de los problemas.	2 h
TOTAL	60 h

*Tabla 9* Cálculo de horas dedicadas al proyecto. TFM: Redacción y ajuste de contenidos.

## 6.2 ESTIMACIÓN ECONÓMICA

### 6.2.1 Estimación monetaria del tiempo dedicado

Tomando en cuenta el tiempo dedicado para la realización de este proyecto en cada uno de sus apartados, en la Tabla 10 se muestra el desglose y suma de estos para luego hacer un cálculo del coste total por tiempo invertido.

6.1.1 Preparativos previos al TFM	12 h
6.1.2 TFM: Planificación, formato y contenido	12 h
6.1.3 TFM: Formación y búsqueda de información general	25 h

6.1.4 PME: Formación y búsqueda de información	90 h
6.1.5 PME: Desarrollo completo en fábrica	44 h
6.1.6 TFM: Formación y búsqueda de información específica	40 h
6.1.7 TFM: Redacción y ajuste de contenidos	60 h
TOTAL	283 h

**Tabla 10** Cálculo de horas dedicadas al proyecto total.

Para la valoración del tiempo invertido se supondrá para ello un sueldo equivalente de una persona que trabaja 1800h anuales con un sueldo de 18.000€. De esta forma el cálculo queda en 10€/h, con lo que el coste total de proyecto por tiempo invertido es el siguiente:

$$\text{Coste}_{\text{tiempo invertido}} = 10 \frac{\text{€}}{\text{h}} * 263 \text{ h} = 2.630 \text{ €} \quad \text{Ec. 16}$$

## 6.2.2 Recursos utilizados

### ELEMENTOS DE SEGURIDAD PARA LA FÁBRICA

Son proporcionados por la empresa, aun así, es necesaria su valoración de cara a este trabajo.

Botas de punta reforzada y antideslizantes	30 €
Chaleco de alta visibilidad	5 €
Tapones para los oídos	5 €
TOTAL	40 €

**Tabla 11** Cálculo de costes de proyecto. Elementos de seguridad.

### SUITE OFIMÁTICA

Se hace uso de la Suite Office de Microsoft que de forma general viene incluida con el sistema de los ordenadores Windows. No se considerará conste alguno desde este apartado ya que de no poder contar con este software hay otros de libre acceso y gratuitos como LibreOffice.

### SOFTWARE ESPECÍFICO

Se cuenta con la utilización de una diversa gama de herramientas (OAQ062016\_v471, CEPEK, y Artemis), realizadas estas por la empresa para un mejor desempeño del trabajo de su personal.

Ya que el valor de este software no se puede considerar, ya que depende del número de horas dedicadas a desarrollar dichos programas y de su complejidad, se ha optado por incluir en esta valoración económica a una posible alternativa, el Statgraphics.

El Statgraphics, alternativa comercial con que se podría desarrollar el trabajo, consta de varios tipos de licencia, corporativas, académicas y para estudiantes. Ya que el trabajo realizado se considerará como un trabajo remunerado la licencia será la corporativa de 680€ a fecha de realización de este trabajo.

**COSTE TOTAL DE VALORACIÓN DE LOS RECURSOS UTILIZADOS**

Elementos de seguridad	40 €
SUITE Ofimática	0 €
Statgraphics	680 €
TOTAL	720 €

*Tabla 12* Cálculo de costes de proyecto. Recursos totales.**6.2.3 Coste en transporte**

Al ser necesaria la presencia en la fábrica para realizar varias de las tareas, como realizar las medidas sobre máquina o tener reuniones y charlas con el personal implicado, se hará una estimación del coste en viajes que ha sido necesario para la realización del proyecto.

Se estimará que se ha necesitado ir a fábrica 15 días, donde se tiene una distancia hasta vivienda de 4km. Para un coche promedio se considerará un consumo de 8L/100km (debido a un gran tramo por ciudad) y un coste de carburante fijo de 1,2€/L. El cálculo de coste total por transporte se muestra en la Ec. 17 mostrada a continuación.

$$Coste_{transporte} = 15 * 2 * 4km * 0,08 \frac{L}{km} * 1,2 \frac{€}{L} \approx 12 € \quad Ec. 17$$

Para este caso se considera tener un coche en propiedad para la realización de los trayectos.

**6.2.4 Coste total del proyecto**

Se supondrán dos casos de estudio:

- En el primero se supondrá este proyecto como un trabajo esporádico, con lo que se sumará el coste de todas las herramientas de software utilizadas.
- Para el segundo caso se supondrá este proyecto como un trabajo cotidiano, y no único que se hará. En este caso los costes en los recursos se repartirán entre todos los trabajos y no solo en este. Para este caso se supondrá un coste de uso o amortización de los recursos de unos 10€/proyecto.

**CASO A (PROYECTO ESPORÁDICO) Y CASO B (PROYECTO PROFESIONAL)**

	Caso A	Caso B
6.2.1 Estimación monetaria del tiempo dedicado	2830 €	2830 €
6.2.2 Recursos utilizados	740 €	10 €
6.2.3 Coste en transporte	12 €	12 €
TOTAL	3582 €	2852 €

*Tabla 13* Cálculo de costes de proyecto. Caso A y Caso B.





# CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

## 7.1 CONCLUSIONES

Tras el desarrollo de este proyecto se ha podido obtener una serie de conclusiones que se muestran a continuación:

- Es necesario en muchas ocasiones razonar de forma práctica, no siempre se tiene toda la información ni se cumplen todos los requisitos. Se debe contar con que los datos muestran un estado aproximado del proceso con el que se quiere realizar comparaciones y que de encontrarse sobre ciertos umbrales es necesario realizar planes de acción para la mejora. Dicho esto, se deben tener claras las bases teóricas para así tener buen criterio en las modificaciones realizadas en los estudios.
- El PME, como un documento de obligada creación para poder permitir el uso de la maquinaria en marcha corriente, es más que un simple documento que valida un proceso. Se trata de una serie de pasos y procedimientos por los que se cerciora que tanto el proceso como los elementos que forman este son acordes con unos estándares mínimos de calidad. El PME define por completo un proceso en cuanto a su capacidad de producción para una calidad impuesta, arrojando resultados que se pueden utilizar para la mejora de procesos.
- Siempre existen conflictos de intereses entre distintos departamentos. Es necesario encontrar la mejor forma de realizar las tareas y/o procedimientos, tomando en cuenta todas las partes. Por ello es importante realizar una primera toma de contacto con todas las partes al inicio de cualquier proyecto para así evitar futuros problemas.

## 7.2 FUTUROS DESARROLLOS

### 7.2.1 Técnica: Del muestreo por control estadístico a la industria 4.0

El caso planteado en este proyecto muestra cómo se quiere evolucionar de un sistema de medida manual mediante muestreos periódicos del orden de un muestreo por día, a la implantación de un sistema automatizado de recogida de datos que muestreará la totalidad de los productos que por el puesto transcurran. Se quiere de esta forma por un lado mejorar los tiempos de ciclo al eliminar las paradas para la recogida manual de datos, y por otro ir adecuando los procesos hacia la idea de industria 4.0<sup>23</sup>.

En cuanto a la técnica, el muestreo manual hace uso de herramientas de control estadístico de procesos, donde se toma un número de muestras de una población para así poder definir esta. La etapa a la que se quiere llegar, industria 4.0, no es más que una evolución de este pensamiento, donde se tiene un mayor número de datos como puede ser la población completa.

---

<sup>23</sup> La industria 4.0 trata sobre la 4ª revolución industrial, donde se pretende que mediante la automatización e interconexión de los elementos mecánicos se realice una gestión optimizada de los recursos mediante inteligencia artificial o algoritmos usando una gran cantidad de datos (big data).

Lo que se pretende con la recogida masiva de datos entre otras cosas es:

- Realizar correcciones rápidas sobre maquinaria, ya sea de forma automatizada o mediante alertas a personal de fábrica.
- Corregir posibles defectos en las características de diseño de los productos.
- Obtener qué parámetros de máquina son más influyentes, mediante el cruzamiento de datos mejorar las herramientas de diseño para obtención de estos parámetros.

Aunque esta metodología cuenta con muchas ventajas, tiene motivos por los que aún no se ha implantado en la mayoría de empresas. Varios de los motivos son:

- Grandes inversiones de dinero. Se debe sensorizar cada uno de los parámetros a seguir, crear una red robusta que transmita estas señales, y por otro lado equipos potentes que realicen los análisis y muestren resultados. También si se quiere automatizar los procesos, se debe contar con actuadores conectados a la red de control del sistema anterior. Toda esta infraestructura encarece los costes en gran medida, por todo ello no siempre se pretende automatizar toda la producción, sino que se realiza por etapas o solo para maquinaria que se pueda beneficiar enormemente con su implantación.

### **7.2.2 Caso de estudio: Fases posteriores de la implantación en fábrica**

Finalizado el PME, y concluyendo con la validación del proceso de medida, se pretende en futuras etapas ampliar la implantación del mismo sistema a los demás puestos de las máquinas de confección, estimando junto con el sistema ya implantado un total de 15 puestos distintos.

Se espera así terminar con el sistema de muestreo con que se cuenta actualmente, permitiendo mediante la utilización automática de datos actuar de forma sencilla sobre el sistema, evitando pérdidas de material debidas a retirada de producto.

- Crear un sistema robusto. Seguir en el desarrollo tanto software como de otros elementos para hacer la implantación compatible con cualquier tipo de producto y/o máquina.
- Implementar por fases más puestos de las máquinas de confección hasta eliminar la necesidad de la medida manual sobre una máquina de confección. En este caso el PME realizado en este proyecto servirá como plantilla para los de las demás implantaciones. Entre las posibilidades está la de actualizar el PME con más información y más características medibles (con sus respectivos estudios) o crear un PME para cada puesto basándose en el creado en este proyecto. Cabe destacar que gran parte de la información sería la mista para todas las implementaciones.
- Terminar con la implementación de perfilómetros en las tres máquinas de confección, donde cada una de estas es igual a la anterior salvo en ciertos de sus elementos.

Para robustecer el sistema se pretende:

- Desarrollo del software de los perfilómetros.
  - Estandarizar para su uso con distintos productos.
  - Implementar todos los ciclos necesarios de medida para la calidad.
- Creación de plantillas de verificación de la medida que no perturben la producción.





## CAPÍTULO 8. REFERENCIAS

- [1] MICHELIN, «Hola-Trabajas-en-Michelin-2017,» [En línea]. Available: [intraeu.michelin.com/es/web/es/primeros-dias-en-michelin](http://intraeu.michelin.com/es/web/es/primeros-dias-en-michelin). [Último acceso: 27 05 2019].
- [2] MICHELIN, «Presentación breve Michelin Epaña Portugal,» [En línea]. Available: INTRANET MICHELIN. [Último acceso: 11 06 2019].
- [3] MICHELIN, «OUR HISTORY,» [En línea]. Available: [intranet.michelin.com/en\\_US/web/australia/les-date-cles](http://intranet.michelin.com/en_US/web/australia/les-date-cles). [Último acceso: 12 06 2019].
- [4] Rastreator, «Historia de Michelin,» [En línea]. Available: [rastreator.com/seguros-de-coche/guias/historia-de-michelin.aspx](http://rastreator.com/seguros-de-coche/guias/historia-de-michelin.aspx). [Último acceso: 12 06 2019].
- [5] MICHELIN, «Management bodies,» [En línea]. Available: [michelin.com/en/michelin-group/governance/management-bodies/](http://michelin.com/en/michelin-group/governance/management-bodies/). [Último acceso: 17 06 2019].
- [6] MICHELIN, «Executive biographies,» [En línea]. Available: [michelin.com/en/michelin-group/governance/executive-biographies/](http://michelin.com/en/michelin-group/governance/executive-biographies/). [Último acceso: 17 06 2019].
- [7] J. D. Senard, «Speech launching the new organization,» December 2017. [En línea]. Available: [intraeu.michelin.com/web/es/our-organization](http://intraeu.michelin.com/web/es/our-organization). [Último acceso: 13 06 2019].
- [8] MICHELIN, «Formation\_FONCTION\_CONSTITUANTS\_PERFORMANCES,» [En línea]. Available: INTRANET MICHELIN. [Último acceso: 12 06 2019].
- [9] MICHELIN, «The manufacturing process of a tyre,» [En línea]. Available: [intraeu.michelin.com/es/web/es/documentos-fundamentales](http://intraeu.michelin.com/es/web/es/documentos-fundamentales). [Último acceso: 17 06 2019].
- [10] L. Cuatrecasas Arbós y J. González Babón, Gestión integral de la calidad: implantación, control y certificación 5ªEd, Profit Editorial, 2017.
- [11] A. Senlle, ISO 9000 en la práctica. Cómo evaluar su calidad: herramientas para la auditoría de la calidad en la empresa, Gestión 2000, 1999.
- [12] H. Gutiérrez Pulido, Calidad total y productividad 3ªEd, México: McGraw Hill, 2010.

- [13] J. F. Vilar Barrio, *Cómo mejorar los procesos en su empresa. El control estadístico de procesos (SPC). Herramienta fundamental en el crecimiento de la competitividad*, Madrid: Fundación CONFEMETAL, 1999.
- [14] J. F. Vilar Barrio y T. Delgado Tejada, *Control estadístico de los procesos*, Madrid: FC Editorial, 2005.
- [15] MICHELIN, «OAQ06new2017,» [En línea]. Available: INTRANET MICHELIN. [Último acceso: 8 4 2019].
- [16] E. G. T. James Edward Clapp, *Lawtalk: The Unknown Stories Behind Familiar Legal Expressions*, New Haven: Yale University Press, 2011.
- [17] MICHELIN, «Estimación del error sistemático de un proceso de medida y ensayo,» [En línea]. Available: INTRANET MICHELIN. [Último acceso: 11 07 2019].
- [18] MICHELIN, «OAQ06 - Curso de formación,» [En línea]. Available: INTRANET MICHELIN.







---

## ANEXO

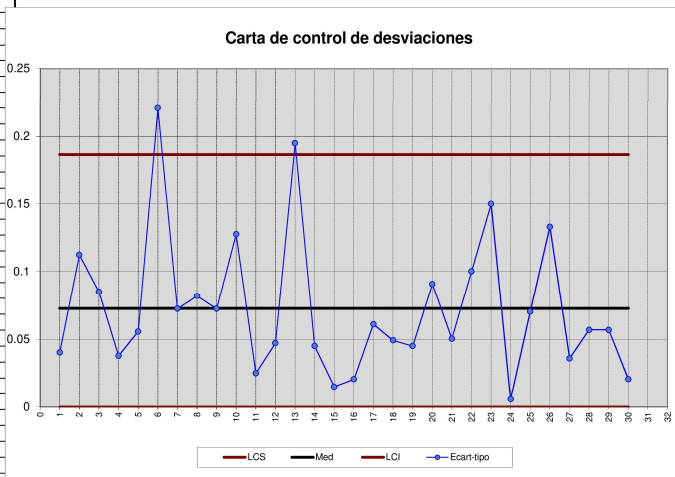
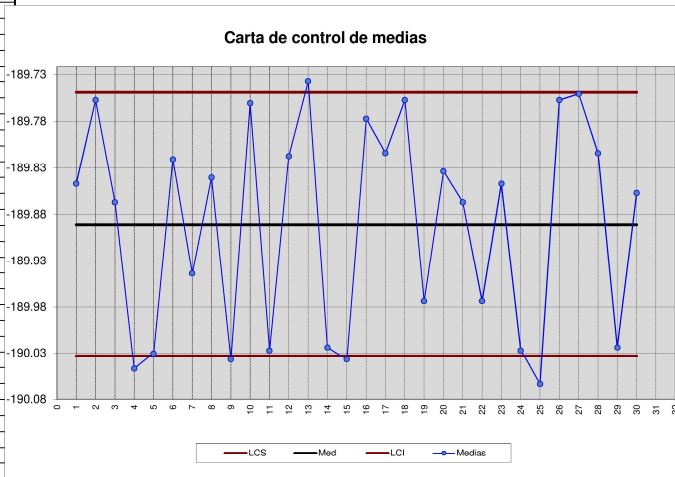
---

<b>OAQ062016_v471</b> – Estudio de estabilidad	PÁG. 86
<b>OAQ062016_v471</b> – Estudio de tendencia y linealidad	PÁG. 87
<b>OAQ062016_v471</b> – Estudio de R&R	PÁG. 88
<b>OAQ062016_v471</b> –Indicadores %M y %R	PÁG. 88
<b>CEPEK</b> – Estudio de capacidad	PÁG. 89
<b>Artemis</b> – Tasa de fugas y de falsos positivos	PÁG. 89
<b>DVPM 08 (QL)</b> – Síntesis de la evaluación local	PÁG. 90
<b>DVPM 11 (QL)</b> – Formalización de calificación local	PÁG. 91
<b>DVPM 12</b> – Plan de robustez industrial	PÁG. 93
<b>DVPM 13</b> – Certificación de validación	PÁG. 94

# A1. ESTUDIO DE ESTABILIDAD - OAQ062016 v471 - (Obtención de $m_{stab}$ y $S_{stab}$ )

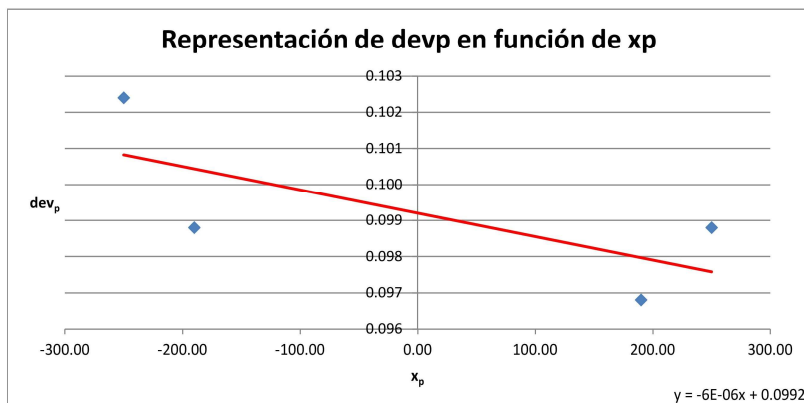
N	Valores individuales					Fuera de control			
	1	2	3	4	5	Lim	9↑ 9↓	6/ 6\	Ecart-tipo
1	-189.87	-189.80	-189.87						
2	-189.66	-189.73	-189.88						
3	-189.90	-189.93	-189.77						
4	-190.03	-190.02	-190.09			●			
5	-189.97	-190.08	-190.04						
6	-190.03	-189.84	-189.59						●
7	-189.86	-189.98	-189.99						
8	-189.82	-189.77	-189.93						
9	-190.12	-190.00	-189.99			●			
10	-189.65	-189.90	-189.73						
11	-190.05	-190.00	-190.03						
12	-189.80	-189.78	-189.87						
13	-189.60	-189.65	-189.96			●			●
14	-190.07	-190.02	-189.98						
15	-190.05	-190.04	-190.02			●			
16	-189.77	-189.76	-189.80						
17	-189.80	-189.76	-189.88						
18	-189.78	-189.79	-189.70						
19	-190.02	-189.97	-189.93						
20	-189.75	-189.93	-189.82						
21	-189.86	-189.82	-189.92						
22	-189.98	-189.87	-190.07						
23	-189.84	-190.00	-189.70						
24	-190.03	-190.02	-190.03						
25	-190.13	-190.07	-189.99			●			
26	-189.67	-189.69	-189.91						
27	-189.74	-189.79	-189.72						
28	-189.75	-189.83	-189.86						
29	-190.07	-190.04	-189.96						
30	-189.84	-189.88	-189.85						

$m_{stab} = -189.891$   
 $S_{stab} = 0.0821$



## A2. ESTUDIO DE TENDENCIA Y LINEALIDAD - OAQ062016 v471 - (Obtención de $m_{stab}$ y $S_{stab}$ )

Part	VC ( $x_{p,i}$ )	$y_{p,i}$	$dev_{p,i}$	$dev_p$	Part	VC ( $x_{p,i}$ )	$y_{p,i}$	$dev_{p,i}$	$dev_p$	Part	VC ( $x_{p,i}$ )	$y_{p,i}$	$dev_{p,i}$	$dev_p$	Part	VC ( $x_{p,i}$ )	$y_{p,i}$	$dev_{p,i}$	$dev_p$
1	-250	-249.75	0.25	0.1024	2	-190	-189.93	0.07	0.0988	3	190	190.18	0.18	0.0968	4	250	250.07	0.07	0.0988
1	-250	-249.86	0.14		2	-190	-189.82	0.18		3	190	190.08	0.08		4	250	250.18	0.18	
1	-250	-249.98	0.02		2	-190	-189.87	0.13		3	190	189.93	-0.07		4	250	250.13	0.13	
1	-250	-249.84	0.16		2	-190	-190.00	0.00		3	190	190.30	0.30		4	250	250.00	0.00	
1	-250	-250.03	-0.03		2	-190	-190.02	-0.02		3	190	189.97	-0.03		4	250	249.98	-0.02	
1	-250	-250.13	-0.13		2	-190	-190.07	-0.07		3	190	190.01	0.01		4	250	249.93	-0.07	
1	-250	-250.12	-0.12		2	-190	-190.00	0.00		3	190	190.01	0.01		4	250	250.00	0.00	
1	-250	-249.65	0.35		2	-190	-189.90	0.10		3	190	190.27	0.27		4	250	250.10	0.10	
1	-250	-250.05	-0.05		2	-190	-190.00	0.00		3	190	189.97	-0.03		4	250	250.00	0.00	
1	-250	-249.80	0.20		2	-190	-189.78	0.22		3	190	190.13	0.13		4	250	250.22	0.22	
1	-250	-249.60	0.40		2	-190	-189.65	0.35		3	190	190.04	0.04		4	250	250.35	0.35	
1	-250	-250.07	-0.07		2	-190	-190.02	-0.02		3	190	190.02	0.02		4	250	249.98	-0.02	
1	-250	-250.05	-0.05		2	-190	-190.04	-0.04		3	190	189.98	-0.02		4	250	249.96	-0.04	
1	-250	-249.77	0.23		2	-190	-189.76	0.24		3	190	190.20	0.20		4	250	250.24	0.24	
1	-250	-249.80	0.20		2	-190	-189.76	0.24		3	190	190.12	0.12		4	250	250.24	0.24	
1	-250	-249.78	0.22		2	-190	-189.79	0.21		3	190	190.30	0.30		4	250	250.21	0.21	
1	-250	-250.02	-0.02		2	-190	-189.97	0.03		3	190	190.07	0.07		4	250	250.03	0.03	
1	-250	-249.87	0.13		2	-190	-189.80	0.20		3	190	190.13	0.13		4	250	250.20	0.20	
1	-250	-249.66	0.34		2	-190	-189.73	0.27		3	190	190.12	0.12		4	250	250.27	0.27	
1	-250	-249.90	0.10		2	-190	-189.93	0.07		3	190	190.23	0.23		4	250	250.07	0.07	
1	-250	-250.03	-0.03		2	-190	-190.02	-0.02		3	190	189.91	-0.09		4	250	249.98	-0.02	
1	-250	-249.97	0.03		2	-190	-190.08	-0.08		3	190	189.96	-0.04		4	250	249.92	-0.08	
1	-250	-250.03	-0.03		2	-190	-189.84	0.16		3	190	190.41	0.41		4	250	250.16	0.16	
1	-250	-249.86	0.14		2	-190	-189.98	0.02		3	190	190.01	0.01		4	250	250.02	0.02	
1	-250	-249.82	0.18		2	-190	-189.77	0.23		3	190	190.07	0.07		4	250	250.23	0.23	

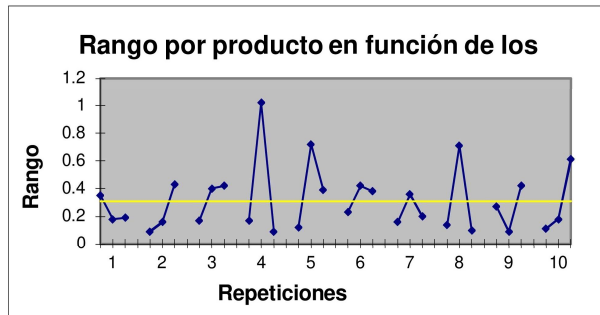
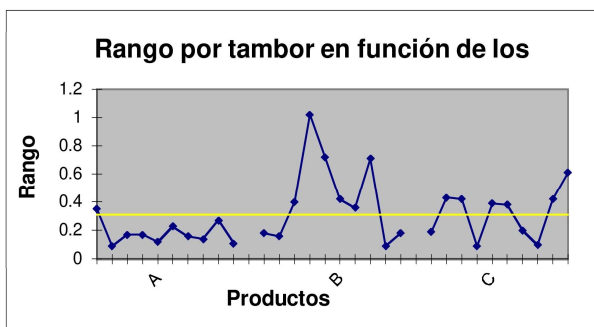
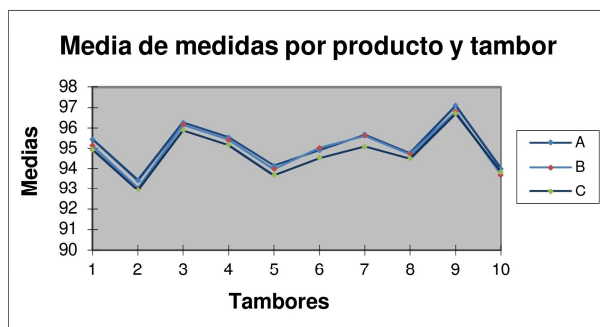


Bias : BLM=  $m_{Bias} = 0.0992$  mm  
BLV=  $s_{Bias} = 0.0000$  mm

### A3. ESTUDIO R&R (REPRODUCTIBILIDAD Y REPETIBILIDAD) - OAQ062016 v471 EN1 (Obtención de Smeas, Umeas, %M y %R)

		TAMBOR										
PRODUCTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Medias
A	1	95.29	93.47	96.34	95.47	94.20	95.02	95.59	94.69	97.26	93.94	
	2	95.41	93.44	96.17	95.50	94.08	94.89	95.75	94.80	96.99	94.05	
	3	95.64	93.38	96.27	95.64	94.16	94.79	95.66	94.83	97.01	93.99	
Medias		95.4467	93.4300	96.2600	95.5367	94.1467	94.9000	95.6667	94.7733	97.0867	93.9933	95.1240
Rango		0.350	0.090	0.170	0.170	0.120	0.230	0.160	0.140	0.270	0.110	0.1810
B	1	95.08	92.94	96.19	95.01	94.44	94.80	95.47	94.37	96.80	93.62	
	2	95.25	93.06	95.94	95.20	93.80	95.22	95.55	95.08	96.75	93.68	
	3	95.07	93.10	96.34	96.03	93.72	95.06	95.83	94.66	96.84	93.80	
Medias		95.1333	93.0333	96.1567	95.4133	93.9867	95.0267	95.6167	94.7033	96.7967	93.7000	94.9567
Rango		0.180	0.160	0.400	1.020	0.720	0.420	0.360	0.710	0.090	0.180	0.4240
C	1	95.04	92.70	95.88	95.14	93.54	94.71	95.02	94.54	96.77	93.81	
	2	94.90	92.98	96.09	95.20	93.93	94.33	95.01	94.44	96.45	93.53	
	3	94.85	93.13	95.67	95.11	93.55	94.51	95.21	94.51	96.87	94.14	
Medias		94.9300	92.9367	95.8800	95.1500	93.6733	94.5167	95.0800	94.4967	96.6967	93.8267	94.7187
Rango		0.190	0.430	0.420	0.090	0.390	0.380	0.200	0.100	0.420	0.610	0.3230

Media de las partes	95.170	93.133	96.099	95.367	93.936	94.814	95.454	94.658	96.860	93.840
---------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



Equipo	EV = 0.1978 mm
Producto	MV = 0.2005 mm
TOTAL $\sigma$	GRR = 0.2816 mm

### A4. ÍNDICES DE RENDIMIENTO - OAQ062016 v471 - (Obtención %M y %R)

Componente	Incertidumbre	Incertidumbre expandida
Sistemático	$m_{\text{meas}}$ 0.0992	
Aleatorio	$S_{\text{meas}}$ 0.2816	$U_{\text{meas}} = 3 \times S_{\text{meas}}$ 0.8448

Indicador	Cálculo
%M	$(m_{\text{meas}}) / \min(\text{target}-T_i, T_s-\text{Target})$ ● <b>4.0%</b>
%R	$(U_{\text{meas}}) / \min(\text{target}-T_i, T_s-\text{Target})$ ● <b>33.8%</b>

### A5. ESTUDIO DE CAPACIDAD - CEPEK - (Obtención de Cp y Cpk)

Measured parameter:	Cota Flanco AR int
Post:	MAC3 - P16

Time period:	01/07/19 a 05/07/19
Measuring equipment:	Keyence LJ-V7300

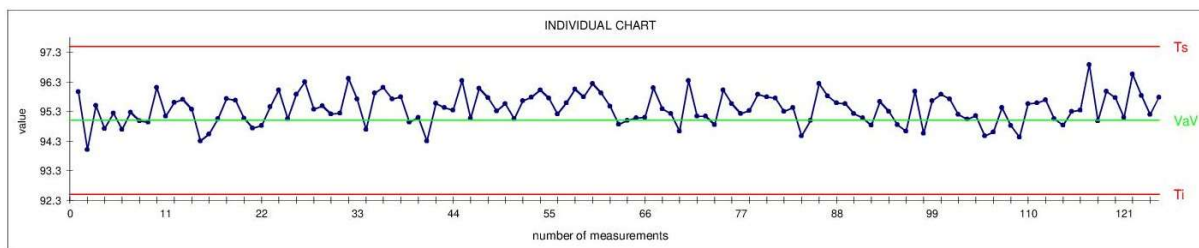
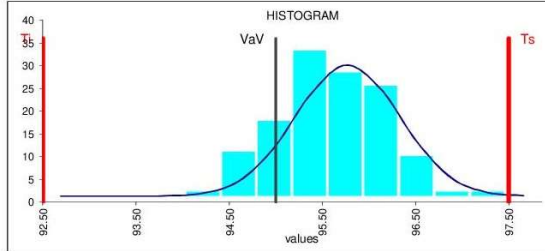
Upper tolerance limit:	97.5
Target value :	95
Lower tolerance limit:	92.5
Tolerance range:	5

Number of samples:	125
Sample size:	1
Total number of measurements:	125

Mean:	95.39
Standard deviation:	0.528
Median:	95.37

Significance level (SW-Test = 0,05)	
Normality of distribution:	Yes
S-W P-value:	0.958

Study:	Current Mode
Cp:	1.58
Cpk:	1.33
Index Centering:	15.67
% not standard (ppm):	32.55



### A6. ESTUDIO COMPLEMENTARIO - ARTEMIS - (Obtención de tasa de fugas y de falsos positivos)

**I. Measurement Information**

Measurement process performance ( performance assessed on the same part)

sR / Smeas

Dg / BLM   signed

%PM / %R+%M

**II. Process Information**

**Tolerances**

Unilateral

Target - lower  Upper toleranc  Target

**Process Performances**

Characteristic  Number of NC

Observed Mean

Observed Standard Deviation

**Sorting limits**

Present

**Simulated Performances**

Cp obs  Cpk obs

**Simulation results**

Process Information

**Process capability**

Cp obs  Cpk obs  IC obs

True Cp  Cpk max

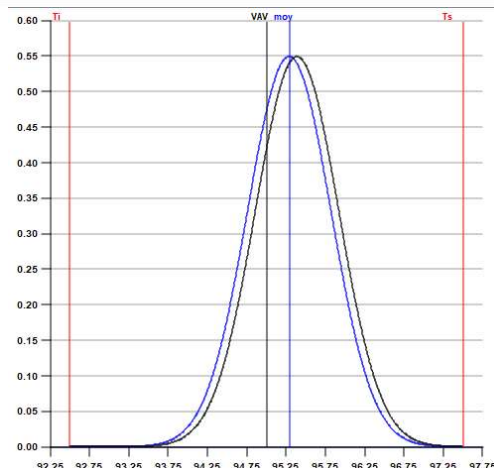
Cpk min

**True Characteristic**

True mean  True Standard Deviation

**Signed bias**

		True values		
		Lower toleranc	erance -lower t	upper toleranc
Observed values	Lower toleranc	0,0000%	0,0000%	0,0000%
	erance -lower t	0,0000%	99,9968%	0,0000%
	upper toleranc	0,0000%	0,0018%	0,0014%



## A7. DVPM – Síntesis de evaluación local

GROUPE MICHELIN	TITRE DE L'AFFAIRE	DVPM_XXXX
AUTOR MTP	Síntesis de evaluación para Q (C o L) Fecha de edición: DD/MM/AAAA	VLD

### SÍNTESIS DE EVALUACIÓN DE UN PME

<b>Redactor:</b>								
Nombre:	REPRESENTANTE MTP	Función:	MTP	Entidad:	Valladolid			
<b>Proceso de medida referido (designación, referencia):</b>								
PME_FAB1_XXX_VLD: Medida de cotas de puesta de flanco con VIMAS sobre MACs								
Característica o parámetro de medida:	Cotas interiores de puesta de flanco							
Verificación de estabilidad:	Sí	Sstab=	0,0821mm	Mstab=	-189,981mm			
<b>Rendimiento del PM:</b>								
<b>Tipo de proceso de medida</b>			<b>Mesure</b>					
Playa mín.	Playa máx.	Tolerancia	Mmeas	Smeas o %CV	Umeas	%M	%R	Comentarios
-300 mm	-20 mm	± 2,5 mm	0,0992 mm	≤ 0,000 mm	≤ 0,8448 mm	4.0%	≤ 33,8	Cota puesta flanco AR
20 mm	300 mm	± 2,5 mm	0,0987 mm	≤ 0,000 mm	≤ 0,8325 mm	3.9%	≤ 33,3	Cota puesta flanco R
P error=	N/A (atributos)		P falsa alarma=	N/A (atributos)		Eficacia=	N/A (atributos)	
Referencia del estudio:	PME_FAB1_XXX_VLD							

### EXAMEN COMPLEMENTARIO

<b>1 - Cálculo de indicadores complementarios</b>							
Indicadores observados de la población	Media	95,39	Condiciones de realización de la capacidad	Normalidad (p-value)	Sí (0,0958)	Fecha de inicio	01/07/2019
	Desviación	0,528		Nº de medidas	125	Fecha de fin	05/07/2019
	Cp observado =	1,58		Cpk observados=	1,33		
Tasa de aceptación errónea (Riesgo cliente)				Tasa de rechazo errónea (Riesgo proveedor)			
NA				NA			
Porcentaje de conformes durante la evaluación (a%)			NA	Porcentaje de conformes para la población fabricada (c%)			NA
Porcentaje de no conformes durante la evaluación (b%)			NA	Porcentaje de no conformes para la población estudiada (d%)			NA
Cantidad de producto aceptado erróneamente (Riesgo cliente)				Cantidad de producto rechazado erróneamente (Riesgo proveedor)			
=Perror x (d%/b%)				=Pfalsa alarma x (c%/a%)			
NA				NA			

<b>2 - Análisis de los indicadores complementarios</b>							
<b>Simulación sobre %M y %R &lt; límite aceptable</b>							
Cantidad estimada de producto aceptado erróneamente (riesgo cliente)				Cantidad pronosticada de producto rechazado erróneamente (riesgo proveedor)			
0.0000%				0.0018%			
Probabilidades esperadas de aceptación de acuerdo a la curva de rendimiento				99.9968%			
<b>Potencial mejora de PM/ Presupuesto</b>							
<b>Límites propuestos</b>							
Límites (Riesgo de aceptación errónea mínima)	LATI =	0.0000%	LATs =	0.0000%			
Límites (Riesgo de rechazo erróneo mínimo)	LRTi =	0.0000%	LRTs =	0.0018%			

\*Los campos resaltados coinciden con los valores introducidos para la realización del estudio.



**A8. DVPM – Formalización de calificación local**

GRUPE MICHELIN	TITRE DE L'AFFAIRE	DVPM_XXXXX
AUTOR MTP	<i>Formalización de calificación local</i>	Fecha de edición: DD/MM/AAAA VLD

Fecha:	DD/MM/AAAA
Redactor:	AUTOR MTP
Entidad/Grupo:	VLD
Referencia documental:	PME_FAB1_XXX_VLD

IDENTIFICACIÓN	
Designación del PME:	Medida de cotas de puesta de flanco en MACs
Codificación:	PME_FAB1_XXX_VLD
Designación del equipamiento:	Dos perfilómetro Keyence LJ-V7300 y software VIMAS
Dominio de aplicación:	Perfilómetro lado AR de -300mm a -20mm y Perfilómetro R de 20mm a 300mm
Referencia del dossier de homologación:	N/A
Fecha del dossier de homologación:	N/A

CONDICIONES DE EVALUACIÓN	
Referencia documental (si existe):	PME_FAB1_XXX_VLD

HISTÓRICO DE EVOLUCIONES		
Naturaleza de las modificaciones	Referencia de las páginas modificadas	Fecha
Creación	Todos	DD/MM/AAAA

RESULTADOS OBTENIDOS							
Criterios CdC	Método	Resultado esperado	Resultado obtenido	Incertidumbre de medida	Probabilidad	Conformidad	Acuerdo cliente
Cota de puesta flanco R interior	OAQ06_new2016	%R <30%	33,8%	Umeas=0,8448	0,00	Sí	Sí
Cota de puesta flanco AR interior	OAQ06_new2016	%R <30%	33,3%	Umeas=0,8325	0,00	Sí	Sí
						No	No
						No	No
						No	No
						No	No
						No	No
						No	No
						No	No
						No	No
Otros indicadores de cliente							
						No	No
						No	No
						No	No



GROUPE MICHELIN	TITRE DE L'AFFAIRE	DVPM_XXXXX
AUTOR MTP	<i>Formalización de calificación local</i>	Fecha de edición: DD/MM/AAAA VLD

<b>EXÁMEN COMPLEMENTARIO DEL RENDIMIENTO</b>	
Referencias documentales:	En informe "Síntesis de evaluación de un PME"

<b>IMPLEMENTACIÓN DE LAS DISPOSICIONES DE GARANTÍA DE LA CALIDAD</b>			
Disposición	Referencia o comentario	Conforme	Derogado
Método operatorio existente	MOL_FAB1_xxx_VLD	Sí	No
Integración del instrumento de medida en programa de	21D112010C4 y 21D112020C4	Sí	No
Existencia de método de verificaciones periódicas	PME_FAB1_xxx_VLD	Sí	No
Definición de formaciones	PME_FAB1_xxx_VLD	Sí	No
Disposición de protecciones	N/A	No	No
Disposición de manutención y almacenaje	N/A	No	No
Definición de condiciones ambientales	PME_FAB1_xxx_VLD	Sí	No

<b>RECAPITULACIÓN DE LAS DEROGACIONES Y PLANES DE ACCIÓN ASOCIADOS</b>				
Referencia documental derogación	Fecha	Objeto	Fecha límite	Plan de acción

<b>SÍNTESIS</b>	
Calificación local?	Oui

<b>VALIDEZ Y FIRMAS DEL CERTIFICADO</b>			
Duración de la validez	Illimitée	Fecha	
	Función MTP encargado del pilotaje	Función Garantía y Calidad de la entidad	Validador RDMP
Nombre	Responsable MTP	Representante GQA	Responsable DMP
Entidad - Función	Valladolid - MTP	Valladolid - GQA	Valladolid - RDMP
Fecha	DD/MM/AAAA	DD/MM/AAAA	DD/MM/AAAA
Firma	firma MTP	firma GQA	firma RDMP

**A9. DVPM – Plan de robustez industrial**

<b>GROUPE MICHELIN</b>	<b>TITRE DE L'AFFAIRE</b>	<b>DVPM_XXXXX</b>
<b>AUTOR MTP</b>	<i>Plan de robustez industrial</i> <small>Fecha de edición:</small>	<b>VLD</b>

Comienzo RI	<b>DD/MM/AAAA</b>
Fin de la RI	<b>En proceso (estimación DD/MM/AAAA)</b>
Elementos de la Robustez atendidos	Resultados
Seguimiento de las averías/fracturas de material	<b>Satisfactorio</b>
Seguimiento y análisis de las calibraciones	<b>Satisfactorio</b>
Examen complementario con los resultados de la capacidad en marcha corriente	<b>En informe "Síntesis de evaluación de un PME"</b>
Análisis de VQMs	<b>Satisfactorio</b>
El cliente está satisfecho	<b>Satisfactorio</b>

**A10. DVPM – Certificación de validación**

GRUPE MICHELIN	TITRE DE L'AFFAIRE	DVPM_XXXXX
AUTOR MTP	Certificado de validación Fecha de edición: DD/MM/AAAA	VLD

Referencia dossier DPM	PME FAB1 xxx VLD		Fábrica	Valladolid
Responsable del documento	Entidad	Miembros del equipo		Entidad
Responsable MTP	MTP			
Miembros del equipo				
Responsable DMP	RDMP			
Respresentante GQA	GQA			
Técnico Calidad de taller	FAB1/TQA			
Descripción del PME : Medida de cotas de puesta de flanco en MACs				
Referencias Homologación/Calificación del PME : PME_FAB1_xxx_VLD				
Especificaciones funcionales : N/A				

Homologación			
Dominio de validación: Medida de cotas de puesta con perfilómetro para MACs			
Restricciones de homologación: N/A			
Referenciales de impactos: N/A			
Validación por	Nombre	Entidad	Fecha
Demandante	Responsable MTP	Valladolid	DD/MM/AAAA
Función técnica	Representante central	Valladolid	DD/MM/AAAA
Función calidad	Representante GQA	Valladolid	DD/MM/AAAA

Calificación central del PME			
Dominio de validez:			
Restricciones de calificación central:			
Referenciales de impacto:			
Condiciones de validación en la Prueba Industrial:			
Validación por	Nombre	Entidad	Fecha
Demandante			
Función técnica			
Función calidad			
Robustez industrial a validar antes de :		(máx. 1 año)	

<b>GROUPE MICHELIN</b>	<b>TITRE DE L'AFFAIRE</b>	<b>DVPM_XXXXX</b>
<b>AUTOR MTP</b>	<i>Certificado de validación</i> <small>Fecha de edición: DD/MM/AAAA</small>	<b>VLD</b>

<b>Calificación local del PME</b>			
Dominio de validez: Máquinas de confección			
Restricciones de calificación: PME_FAB1_xxx_VLD			
Referencias de impacto: N/A			
Condiciones de validación de la Robustez Industrial: N/A			
<u>Validación por</u>	<b>Nombre</b>	<b>Entidad</b>	<b>Fecha</b>
<b>Función calidad</b>	Representante GQA	Valladolid	DD/MM/AAAA
<b>Robustez industrial a validar antes de :</b>		<b>(máx. 1 año)</b>	

<b>Robustez industrial del PME</b>			
Dominio de aplicación final del PME: Perfilómetro lado AR de -300mm a -20mm y Perfilómetro R de 20mm a 300mm			
Restricciones de aplicación: N/A			
Decisión de duplicar: N/A			
<b>Validación por</b>	<b>Nombre</b>	<b>Entidad</b>	<b>Fecha</b>
<b>Función MTP encargado del pilotaje</b>	Responsable MTP	Valladolid	DD/MM/AAAA
<b>Demandante</b>	Responsable MTP	Valladolid	DD/MM/AAAA
<b>Función calidad</b>	Representante GQA	Valladolid	DD/MM/AAAA
<b>Función industria</b>	Responsable RDMP	Valladolid	DD/MM/AAAA

