



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Digitalización del proceso de toma de datos  
en los controles de borde de línea de  
mecanizado de culata.**

**Autor:**

**María del Carmen Rubio Barrero**

**Tutor:** Francisco Javier Santos Martín

Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación

Valladolid, Enero 2024



Este Trabajo de Fin de Grado es en memoria  
de mi tía Soco y de mi abuela Carmen.

## RESUMEN

A medida que la tecnología avanza las exigencias del público van aumentando, por lo que para cumplir con tales expectativas los controles de calidad tienen que refinarse y ser más exhaustivos. La seguridad depende de ellos, razón primordial por la que hacer un seguimiento en la línea de producción y mecanizado de piezas, no solo es una obligación, sino también una forma de fiabilidad del consumidor.

Este TFG se centra en el desarrollo de las bases de datos necesarias para la implantación de un sistema digital en los controles de calidad de las líneas de culatas de la Factoría de Motores Renault Valladolid, para garantizar el correcto mecanizado de todas ellas.

En el sector industrial, detectar errores a tiempo es crucial para garantizar la calidad del producto, la seguridad y la satisfacción del cliente. No detectarlos puede conllevar costosas retiradas de productos, riesgos para la seguridad y daños a la reputación de la empresa.

**Palabras clave:** Líneas de mecanizado, producción, base de datos, industria 4.0, calidad, factoría.

## ABSTRACT

As technology advances, customer demands are increasing and, therefore, to meet such expectations, quality controls have to be refined and more thorough. Safety depends on them, which is the primary reason why monitoring the production line and machining of parts is not only an obligation but also a way to ensure consumer reliability.

This bachelor's thesis focuses on developing the necessary databases for the implementation of a digital system in the quality controls of cylinder head assembly lines at the Renault Valladolid Engine Factory to ensure the proper machining of all parts.

In the industrial sector, detecting errors in a timely manner is crucial to ensuring product quality, safety, and customer satisfaction. Failure to detect errors can lead to costly recalls, safety hazards, and damage to a company's reputation.

**Keywords:** Machining lines, production, database, industry 4.0, quality, factory.

## Índice

1.	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO .....	9
2.	OBJETIVOS.....	11
3.	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO INDUSTRIAL DE TRABAJO.....	13
4.	SITUACIÓN PREVIA E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
4.1	La industria 4.0.....	17
4.2	Descripción del proceso de trabajo.....	19
4.3	Identificación del problema .....	28
5.	PLAN DE ACCIÓN .....	29
6.	RECURSOS .....	31
6.1	Lean Manufacturing .....	31
6.2	Mejora continua.....	32
6.3	Tecnología .....	33
6.4	Información .....	36
6.5	Técnica 5S.....	39
7.	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA .....	41
7.1	Elección de la solución.....	41
7.2	Elección y desarrollo de la Base de Datos.....	42
7.2.1	Campos para las bases de datos .....	43
7.2.2	Necesidades del operario .....	47
7.2.3	Tiempo de realización del borde de línea .....	48
7.2.4	Desarrollo de la base de datos.....	49
7.3	Funcionamiento de la aplicación.....	55
8.	PRIMERA IMPLEMENTACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE MEJORAS .....	59
8.1	Formación del personal.....	59
8.2	Toma de datos .....	60
8.3	Planteamiento y desarrollo de las mejoras .....	62
9.	IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS .....	65
10.	IMPACTO ECONÓMICO .....	67
11.	CONCLUSIONES .....	69
12.	LÍNEAS FUTURAS .....	71
13.	REFERENCIAS .....	73

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Factorías Renault en España (Elaboración propia).....	13
Ilustración 2 Factoría Renault Valladolid (Google maps) .....	14
Ilustración 3 Factoría de motores Renault Valladolid (Google maps) .....	15
Ilustración 4 Ejemplo centro de mecanizado. ....	16
Ilustración 5 Esquema sistemas digitales. ....	18
Ilustración 6 Adaptación motor coche ( <a href="https://www.partsofacarengine.com/">https://www.partsofacarengine.com/</a> , 04/06/2023).....	20
Ilustración 7 Cara 600 culata HR10 (cara inferior) .....	21
Ilustración 8 Cara 200 culata HR10 .....	21
Ilustración 9 Línea L6 de mecanizado (Cedida por Renault) .....	22
Ilustración 10 Ejemplo de lavadora industrial.....	23
Ilustración 11 Situación de los bordes de línea .....	24
Ilustración 12 Borde de línea .....	25
Ilustración 13 Pasa – No pasa .....	27
Ilustración 14 No pasa, Calibre rasante .....	27
Ilustración 15 Plan de acción (Elaboración propia) .....	30
Ilustración 16 Flujo de utilización de los recursos (Elaboración propia).....	35
Ilustración 17 Ficha técnica de proceso .....	36
Ilustración 18 Ficha técnica de control.....	37
Ilustración 19 Ficha de operación estándar.....	38
Ilustración 20 Ficha de operación estándar, detalle 1.....	38
Ilustración 21 Ficha de operación estándar, detalle 2 .....	38
Ilustración 22 Logo 5S .....	40
Ilustración 23 Colores borde de línea .....	41
Ilustración 24 Medición, característica y rango de medida. ....	44
Ilustración 25 Útil de control. ....	44
Ilustración 26 Tipo de útil. ....	45
Ilustración 27 Forma de verificación.....	45
Ilustración 28 Línea, operación y familia.....	46
Ilustración 29 Herramienta, operario e indicador.....	46
Ilustración 30 Pantalla aplicación .....	47
Ilustración 31 Cara 100 culata GEN5 y GEN6 .....	48
Ilustración 32 Cara 500 culata.....	48
Ilustración 33 Base de datos primera (cedida por Renault) .....	49
Ilustración 34 Base de datos primera detalle 1 (cedida por Renault) .....	50
Ilustración 35 Base de datos primera detalle 2 (cedida por Renault) .....	51
Ilustración 36 Base de datos segunda (cedida por Renault).....	52
Ilustración 37 Base de datos segunda detalle 3 (cedida por Renault) .....	52
Ilustración 38 Base de datos tercera (cedida por Renault) .....	53
Ilustración 39 Base de datos tercera detalle 4 (cedida por Renault).....	53
Ilustración 40 Diseño final base datos (cedido por Renault).....	54
Ilustración 41 Secciones del paso de Borde de Línea.....	55
Ilustración 42 Paso 1 control borde de línea .....	56
Ilustración 43 Paso 2 Conductor .....	57
Ilustración 44 Paso 2 operario sala 3D .....	57

Ilustración 45 Control de borde de línea digital .....	58
Ilustración 46 Pantalla TIBCO Spotfire (Elaboración propia).....	60
Ilustración 47 Resultados recogidos (Elaboración propia).....	61
Ilustración 48 Tasa de realización (Elaboración propia) .....	61
Ilustración 49 Operaciones medidas (Elaboración propia) .....	62
Ilustración 50 Selección de cambio de hta y hta. ....	65
Ilustración 51 Descripción control características.....	66



## 1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La motivación principal de este Trabajo de Fin de Grado ha sido la aplicación directa de las competencias adquiridas en el grado de Ingeniería Mecánica a la hora de resolver un problema que se planteó durante las practicas extracurriculares que hice en la factoría de Renault Valladolid. Para resolverlo fue necesario el conocimiento de la fabricación industrial y de la organización industrial para el desarrollo e implantación de un método de obtención y análisis de datos eficiente.

Se detectó que la forma de recoger los datos de los controles de calidad, en papel y bolígrafo, y la complejidad de hacer el control sin tener el completo conocimiento era ineficiente. Los problemas se detectaban tarde, el aprendizaje era tedioso y complicado y la búsqueda de información sobre el control era difícil.

La única forma de mejora era digitalizar la toma de los datos y hacer accesible a cualquier operario el acceso a la información sobre el control y sobre el proceso en sí mismo. El proceso debía seguir siendo manual, pues el fin es controlar que las máquinas mecanicen bien, pero la toma de datos más exhaustiva y la rápida llegada de dichos datos al control era la clave de la mejora. Con el método actual del papel era imposible controlar al momento los posibles fallos, tener una trazabilidad precisa de los controles y saber, en caso de no realizarse un control, por qué.

De esa forma se conseguiría que la calidad de los datos sea óptima para después explotarlos. Se conseguiría una trazabilidad completa de las piezas y, en caso de detectar un problema, serían menos las piezas desechadas.

El siguiente problema al que nos enfrentamos fue la puesta en marcha, por ello conocer de primera mano cuáles eran las opiniones y sugerencias de los operarios de la línea de producción en el proceso de automatización fue primordial para que el proyecto saliera adelante.

Digitalización del proceso de toma de datos en los  
controles de borde de línea de mecanizado de culata.

## 2. OBJETIVOS

Como consecuencia del problema desarrollado en la justificación de este trabajo se propusieron una serie de objetivos para cumplir a medio corto plazo. Tenían que ser objetivos reales y factibles con las herramientas que Renault nos proporcionaba. Por ello el proceso comenzó con varias reuniones con el equipo para ver cuáles eran los puntos fuertes y débiles y ver como atajar el problema y aplicar mejor la solución.

Durante el proceso de proyectar una solución nos ayudamos de trabajadores que conocían el modo de trabajo y dónde residía el mayor problema. El departamento de calidad nos explicó la importancia de los controles y la importancia de la trazabilidad de estos. Para saber cómo se debían realizar los controles se estuvo observando su realización por distintos operarios, esto dio una descripción general del proceso viendo así que puntos eran importantes.

Con todo ello se llegaron a definir unos objetivos concretos para solventar el problema de manera eficiente y con una solución adaptable a otras líneas de mecanizado:

- Describir y razonar cómo optimizar la pérdida de eficiencia que se crea debido a la lenta y anticuada forma de toma de datos en los procesos de Borde de línea.
- Buscar una solución al problema que cumpla con todas las exigencias del proceso ya que este es un control de calidad delicado y exhaustivo.
- Crear una trazabilidad del control de las piezas y disminuir el tiempo de reacción ante un fallo, lo que se traduce en un ahorro de dinero y piezas.
- Tener en cuenta al personal y su forma de trabajar para que la implantación de este nuevo método sea lo más fluida posible.
- Analizar los resultados y buscar e implantar mejoras.

Digitalización del proceso de toma de datos en los  
controles de borde de línea de mecanizado de culata.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO INDUSTRIAL DE TRABAJO

Renault es una casa francesa fundada en 1898 por los hermanos Renault que se dedica a la fabricación de automóviles, tanto de carreras como privados y vehículos comerciales. En la actualidad es propiedad de Renault-Nissan Alliance, una empresa conjunta formada después de que Renault adquiriera una participación del 44% de la marca japonesa Nissan. Hoy en día es la tercera compañía de automóviles con más ventas en el mundo por detrás de Toyota y Volkswagen. Es uno de los mayores fabricantes de automoción del mundo y una de las empresas que más puestos de trabajo deja en España tanto directa como indirectamente.

Renault tiene 5 fábricas en España: 3 en Valladolid , 1 en Villamuriel de Cerrato (Palencia) y 1 en Sevilla. Renault España ha fabricado a lo largo de los años modelos como el Renault 4CV, el Renault R8, el Renault R12, el Clio, el Kadjar, el Twizy o el Captur, y ahora se está desarrollando el Austral.



Ilustración 1 Factorías Renault en España (Elaboración propia)

Las tres fábricas de Valladolid son: Carrocería, Montaje motor y Motores. En las dos últimas se fabrican y montan los motores K9 diésel, H gasolina con sus variantes y

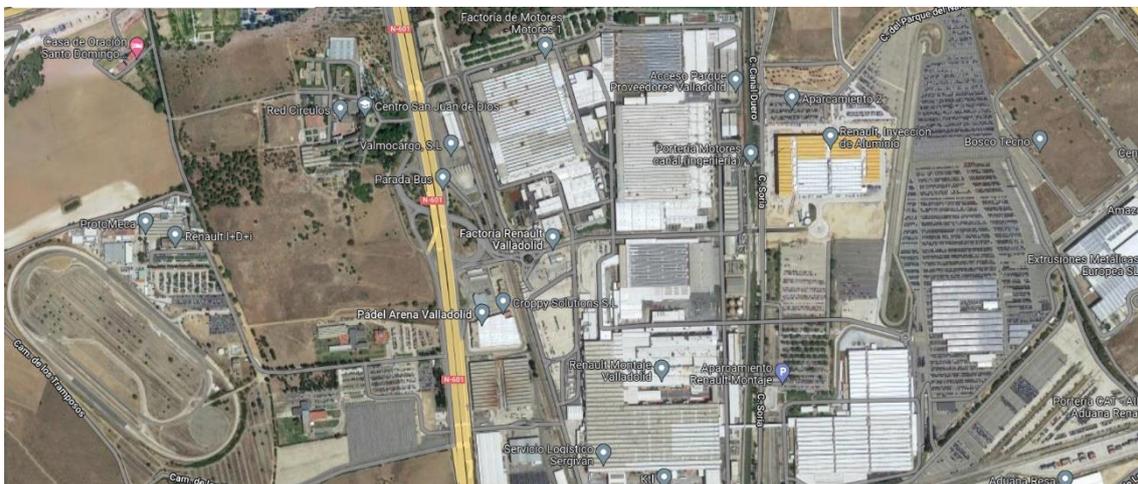
el motor híbrido. Para ello cuentan con las 6 familias de piezas mecanizadas, 2 en prismáticas: culata y cárter y 4 en cilíndricas: biela, volante, árbol de levas y cigüeñal.

En la factoría de Sevilla fabrican las cajas de cambio y desde 2022 es la productora mundial de cajas de velocidad híbridas para el grupo Renault. Por tanto, hoy en día, en Sevilla se fabrican las familias J, TL, RDO eléctrico y DB35 híbrido.

Y en la factoría de Palencia se está fabricando actualmente el primero modelo híbrido de Renault, el Renault Austral. Con este modelo toma forma el comienzo de la nueva era de Renault “Renaulution” un impulso renovador que creará en España más de 100.000 nuevos puestos de trabajo y que promete mejorar la experiencia del consumidor, revolucionar la fabricación y cumplir con el medio ambiente.

En 1951 se instaló la primera fábrica de Renault en España llamada FASA-Renault, aquí en Valladolid. Este acontecimiento catapultó a la ciudad al centro de la industria en la región e hizo de sus trabajadores unos privilegiados en comparación con otros del mismo sector, revolucionó la industria de Valladolid y de Castilla y León.

Las tres factorías de Renault Valladolid se encuentran a la entrada de la ciudad por la nacional N-601. Ocupa alrededor de 150 hectáreas lo que la convierte en la fábrica más grande del grupo Renault España.



*Ilustración 2 Factoría Renault Valladolid (Google maps)*

Es importante puntualizar que la factoría de motores de Renault Valladolid, en la que se ha realizado el proyecto, suministra la mitad de los motores del grupo Renault en todo el mundo y además fabrica para Mercedes-Benz.

Como se puede ver en la siguiente imagen, la Factoría de motores Renault Valladolid se compone de tres naves, dos para la fabricación y mecanizado de las piezas del motor: Motores 1, Motores 2, y una para el montaje motor: Motores 3.

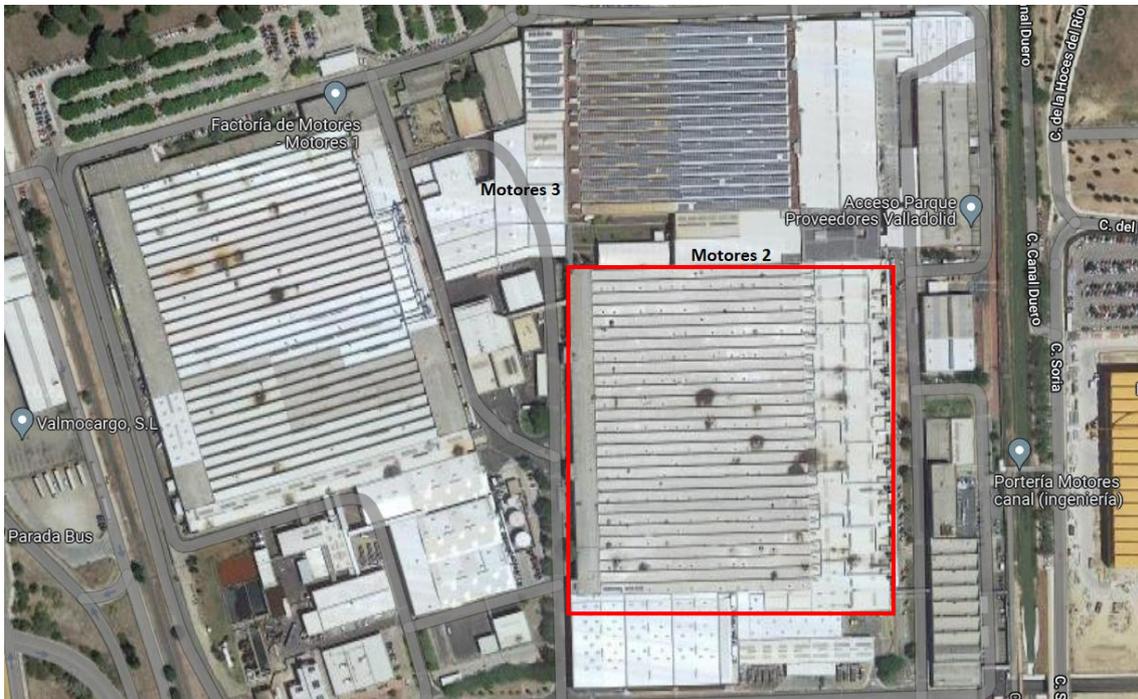


Ilustración 3 Factoría de motores Renault Valladolid (Google maps)

Motores 2, que es, de la factoría de motores, donde se ha ubicado este proyecto, tiene una superficie de 27000 metros cuadrados y cuenta con un equipo de 238 empleados. Tiene 8 líneas de mecanizado: 4 de cárter y 4 de culata, repartidas en tres talleres.

Este proyecto se implantó en las líneas de culata L2, L2B, L6 y L12, en las cuales se mecanizan los siguientes modelos:

- Línea L2: ST1, ST4, GEN5, GEN6, GEN8 y GEN8 PCYL
- Línea L2B: GEN8 y GEN8 PCYL
- Línea L6: HR10, HR10FULL, HR13 y HR13FULL
- Línea L12: HR10, HR10FULL, HR13, HR13FULL y HR12

Al haber tantos tipos de culatas el modo de funcionamiento de la planta es por turnos, decidiéndose previamente que modelo de culata se va a mecanizar. Cambiar el modelo una vez se ha iniciado el turno supone una reconfiguración de todos o casi todos los centros de mecanizado pues, aunque las culatas son muy similares tienen características distintas que hay que ajustar en las máquinas.

En la línea de producción aparte de ensamblar componentes y realizar mecanizados, las culatas se han de lavar. Existen varias lavadoras industriales cuya función es fundamental en el proceso pues la existencia de restos de viruta puede suponer un mal mecanizado de la pieza y en casos extremos la rotura de una herramienta.



*Ilustración 4 Ejemplo centro de mecanizado.*

## 4. SITUACIÓN PREVIA E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

### 4.1 La industria 4.0

La industria 4.0, conocida también como la Cuarta Revolución Industrial, es un concepto que define la utilización e implementación en la Industria de la fabricación y en los procesos de manufactura de las nuevas tecnologías digitales. La incorporación de la Inteligencia Artificial, de la nube, del Big data, de sistemas embebidos, del Internet de las Cosas (IoT) entre otros, permite crear sistemas de producción más eficientes, seguros y fiables (Cortés et al. 2017).

El término de Industria 4.0 se utilizó por primera vez en 2011 en la feria de Hannover-Messer (Alemania), aunque es cierto que no fue hasta 2013 cuando el gobierno alemán lo presentó formalmente. El documento de fundación fue redactado por la Academia Nacional de Ciencia e Ingeniería Alemana y contó con la colaboración del Centro de Investigación Alemán para la Inteligencia Artificial, así como también tuvo el apoyo del sector industrial alemán y otras grandes empresas (Aguilar, L. J. 2020)

En la historia han sucedido cuatro grandes industrializaciones:

- La revolución industrial empezó en Inglaterra y la mayoría de los autores la sitúan en la mitad del siglo XVIII (1750-1780). Fue el paso del trabajo completamente manual a la utilización de máquinas lo que se tradujo en una transformación económica, política y social. (Vilar, J. B. 1990). Se considera la primera pues a lo largo de la historia ha habido otros cambios lo suficientemente significativos para darles el nombre de revolución industrial.
- La Segunda revolución Industrial se refirió para juntar los avances técnicos y científicos que acontecieron en el último tercio del siglo XIX. Fue la aplicación sobre todo de avances científicos al entorno de la tecnología y de la producción. Y a diferencia de la primera, esta vez fueron Alemania y Estados Unidos los países que más ventaja consiguieron.
- Después de la Segunda Guerra Mundial la transformación tecnológica trajo consigo cambios significativos en la sociedad, en la política, en la cultura y en la producción y por eso se conoce como Tercera Revolución Industrial. El *fordismo* fue el sistema más usado y se basaba la producción en cadena, con trabajadores especializados en tareas específicas, con menos tiempo de producción y con una reducción de costes entre otras.

- Y, por último, la cuarta revolución industrial: La Industria 4.0, citada anteriormente, representa una etapa relevante en la evolución de la industria, donde la clave es la fusión de la fábrica, los elementos físicos con el Internet de las Cosas a través del diseño, la creación y la implantación de sistemas inteligentes. Esta revolución no solo ha entrado en las fábricas o en grandes superficies, también ha cambiado la cultura y como vivimos. Un ejemplo de ello es la domótica, tener automatizadas las luces de casa, las persianas, la tv... de tal forma que con comandos simples por voz puedas manejarlas (Tapia, V. 2017).

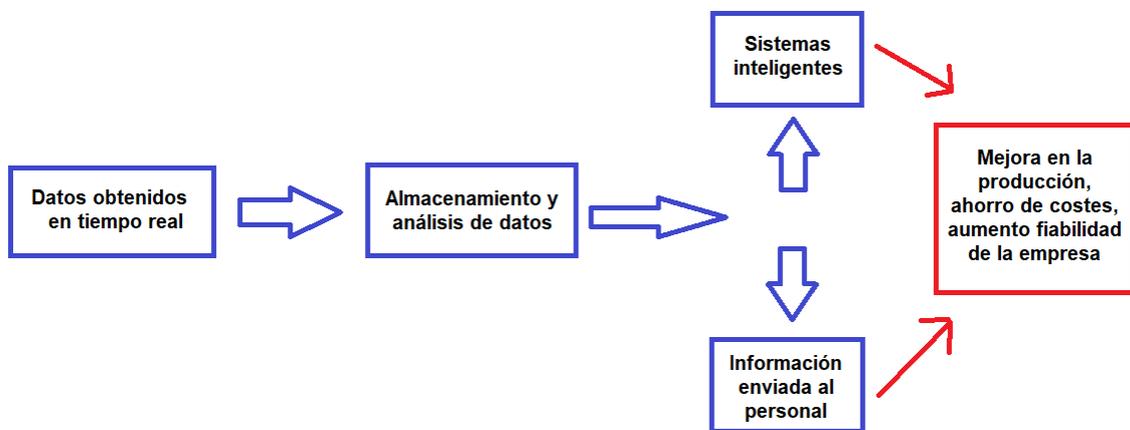


Ilustración 5 Esquema sistemas digitales.

Así pues, la industria 4.0 promueve la digitalización de las empresas y si bien con esto desaparecen algunos puestos de trabajo también se crean nuevos como la programación, el análisis de datos o la gestión de sistemas inteligentes. Por esta razón también se puede decir que moldea nuestra sociedad ya que las nuevas generaciones se interesarán más por estudios dedicados a ello, dando lugar a grados académicos más especializados.

Además de todo eso las empresas buscan optimizar tiempo y mejorar la calidad. Son dos conceptos que muchas veces van reñidos y como veremos en este trabajo hemos sacrificado tiempo a cambio de una mayor rapidez en la detección y resolución de problemas en las líneas de fabricación de culatas.

La situación inicial y de partida del problema descrito en este Trabajo de Fin de grado era la toma de datos en papel. En cada borde de línea se podía encontrar toda la información referida a la comprobación de los mecanizados de esa operación y una cuadrícula para apuntar los resultados. Es necesario destacar que, en una fábrica como Renault, tener que apuntar con papel y bolígrafo los resultados no es la mejor

forma de recopilarlos, porque, aunque no se quiera, las maquinas ensucian y el papel es algo frágil que con poca suciedad se puede destruir.

El artículo 5 del Real Decreto 1215/1997 del 18 de julio hace referencia a los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Este artículo dicta las obligaciones en materia de formación e información que el empresario debe proporcionar a los trabajadores:

*2. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:*

*a) Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.*

*b) Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.*

*c) Cualquier otra información de utilidad preventiva.*

*La información deberá ser comprensible para los trabajadores a los que va dirigida e incluir o presentarse en forma de folletos informativos cuando sea necesario por su volumen o complejidad o por la utilización poco frecuente del equipo. La documentación informativa facilitada por el fabricante estará a disposición de los trabajadores.*

*3. Igualmente, se informará a los trabajadores sobre la necesidad de prestar atención a los riesgos derivados de los equipos de trabajo presentes en su entorno de trabajo inmediato, o de las modificaciones introducidas en los mismos, aun cuando no los utilicen directamente.*

Los Bordes de Línea no conllevan el uso de maquinaria peligrosa, pero al ser un proceso repetitivo es importante que el orden de los pasos sea ergonómico. Es por ello por lo que, en cada Bode de Línea, tiene que haber la información necesaria sobre cómo realizarlo de manera segura, paso a paso y con alertas de seguridad.

## **4.2 Descripción del proceso de trabajo**

El proceso de fabricación de un motor de automóvil implica la integración de varios componentes para crear un motor eficiente. El proceso de fabricación implica técnicas de ingeniería y fabricación de precisión, como fundición, forjado y mecanizado, para crear piezas que encajen perfectamente y funcionen sin

problemas. Una vez que se fabrican las piezas individuales, se ensamblan para crear el motor completo.

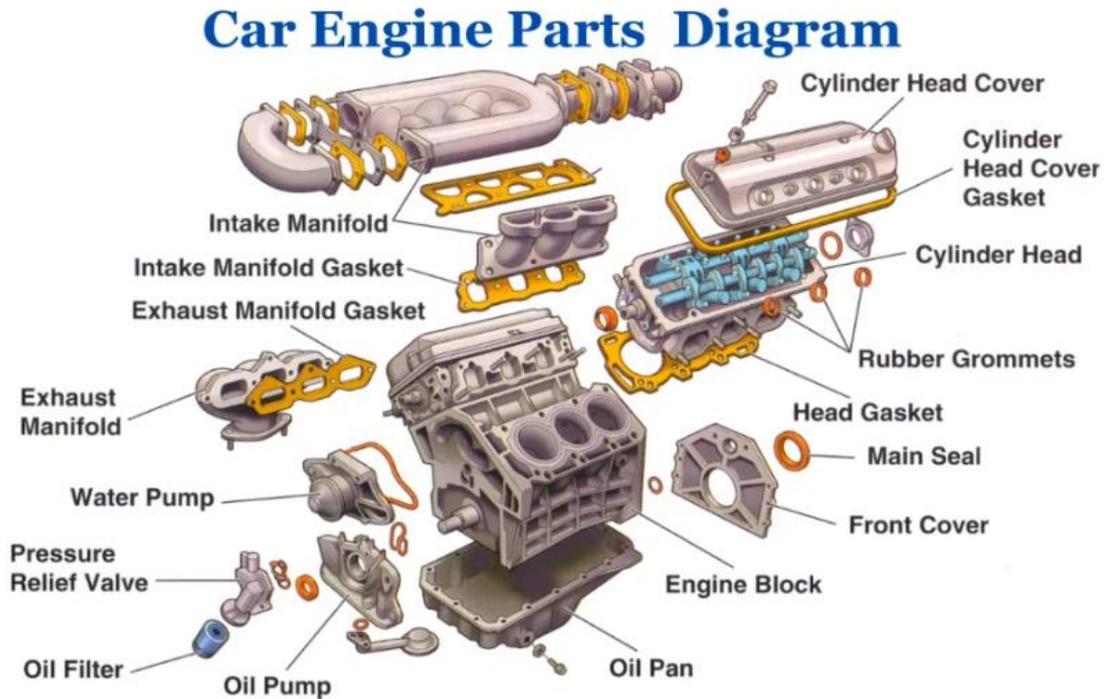
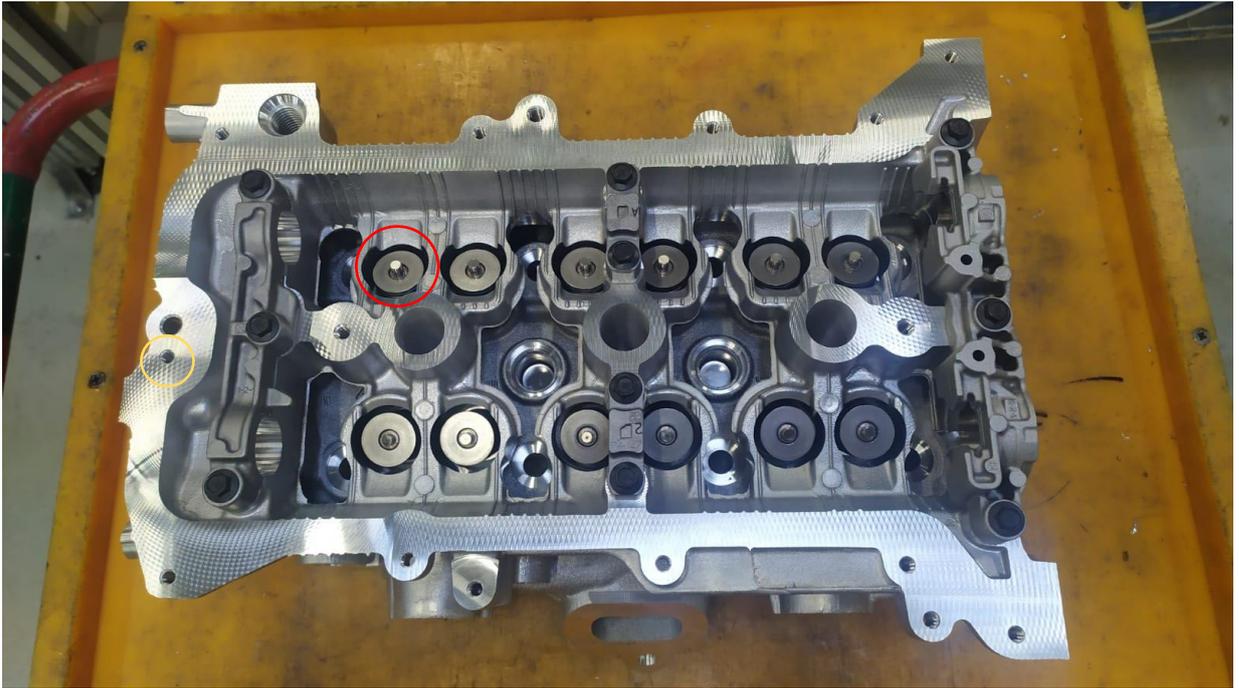


Ilustración 6 Adaptación motor coche (<https://www.partsofacarengine.com/>, 04/06/2023)

En este Trabajo de Fin de Grado hablaremos de la culata. Esta es la parte superior del motor que se encuentra sobre el bloque del motor y alberga las válvulas, las bujías y otros componentes del motor.

En las fotos siguientes se puede ver uno de los tipos de culatas que fabrica Renault. la culata HR10 con doble árbol de levas lo cual permite un control independiente de los sistemas de admisión y escape.



*Ilustración 7 Cara 600 culata HR10 (cara inferior)*



*Ilustración 8 Cara 200 culata HR10*

En ambas fotos se puede apreciar la cantidad de mecanizados que tiene la culata. He destacado tres mecanizados para dar un ejemplo de la importancia:

- Si nos fijamos en el círculo rojo eso son los alojamientos de las válvulas. En esta culata al tener dos árboles de levas un lado es de admisión y otro de escape. El mecanizado de los empujadores es una característica CRS. Estas características vienen marcadas específicamente pues son las que mal mecanizadas pueden desembocar en un accidente con el factor humano implicado. Es decir, si una de estas características se fabrica mal y se monta en un coche, la posibilidad de que se produzca un accidente y alguna persona resulte herida son muy altas.
- El círculo amarillo muestra la subida del engrase al palier. Controlar este mecanizado es básico para la lubricación del árbol de levas.
- El círculo verde muestra uno de los conductos de refrigeración de la culata. Estos conductos son muy importantes y un mal mecanizado de ellos que haga imposible su conexión dentro de la culata puede generar un sobrecalentamiento peligroso para la salud de las personas.

El recorrido de las culatas por las 4 líneas de mecanizado es casi igual en todas, la diferencia principal se encuentra en los mecanizados que se realizan sobre ellas. Dado lo anteriormente dicho voy a explicar el recorrido de una culata por la línea L6 ayudándome de la figura siguiente:

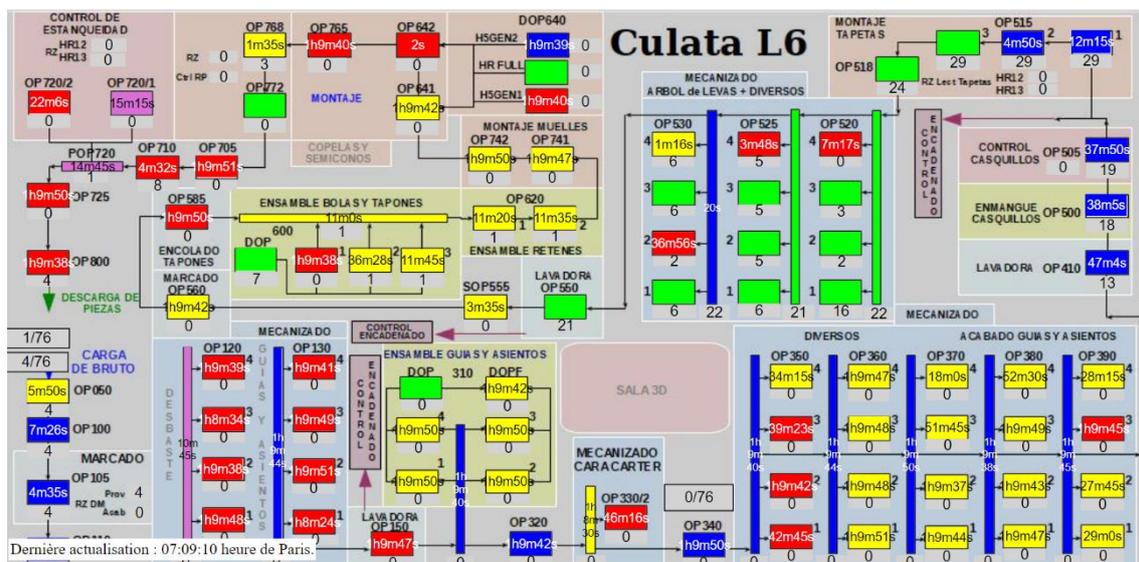
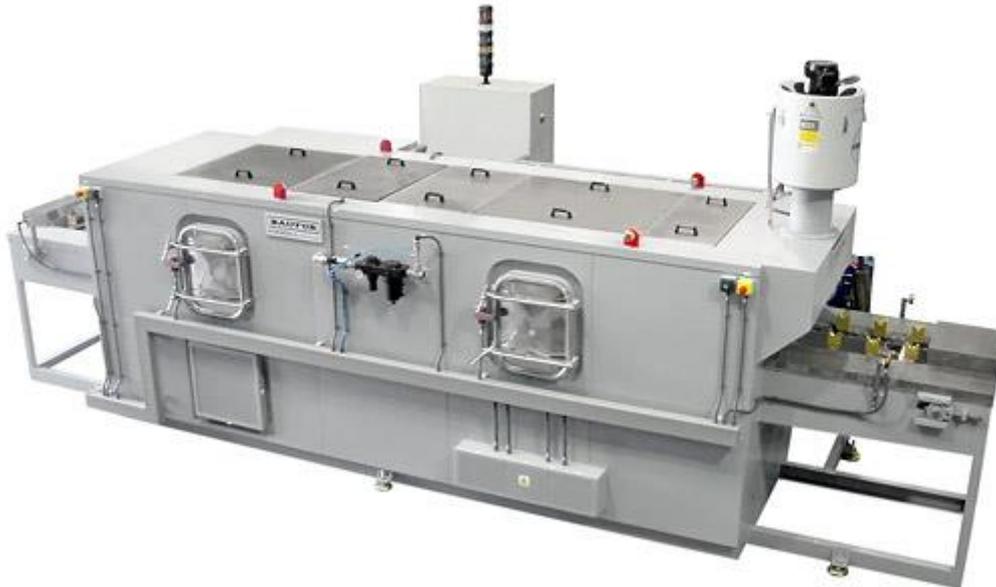


Ilustración 9 Línea L6 de mecanizado (Cedida por Renault)

Las culatas, en su recorrido, pasan por centros de mecanizado y de ensamblaje, y lo más importante para que los mecanizados salgan bien, también pasan por lavadoras. A pesar de tener lubricantes, cuando se mecaniza no se asegura el 100% de limpieza en las culatas por eso las lavadoras son tan importantes en el proceso, pues eliminan todos los restos de virutas, aceites y taladrina.



*Ilustración 10 Ejemplo de lavadora industrial.*

Desde que se instalaron las líneas de fabricación y mecanizado la toma de datos de los controles de borde de línea se ha llevado a cabo en papel, ralentizando la captación de errores humanos y de maquinaria y siendo un impedimento a la hora de guardar la trazabilidad en el tiempo de las piezas y sin registro numérico de los controles.

Un borde de línea es un puesto de control de calidad situado al lado de una o varias máquinas, por el cual sale una pieza cuando se pide al puente grúa o bien sacándola a mano y llevándola con un carrito. Su función es tener un espacio en el cual poder comprobar a mano que los mecanizados han sido realizados correctamente y, a este proceso, en la Factoría de motores de Renault Valladolid, se le llama “Control de borde de línea”.

En las dos imágenes siguientes se puede apreciar su disposición en el plano de la línea L6, marcados con un recuadro gris y negro y como son en la realidad:

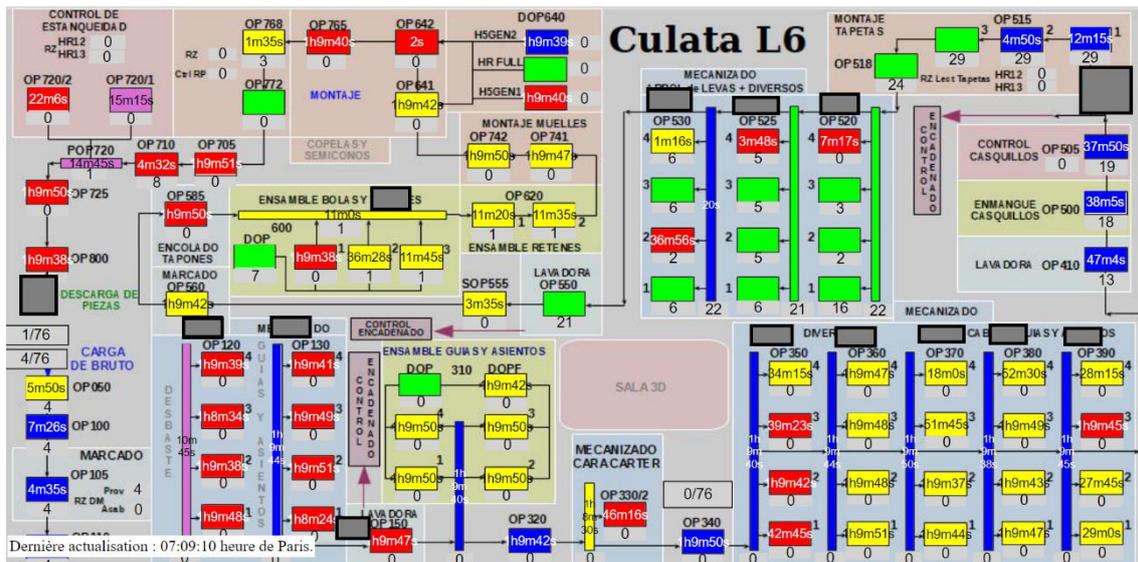


Ilustración 11 Situación de los bordes de línea

Existen 3 tipos de bordes de línea:

- El de cada operación:**

Este borde de línea se realiza una vez en cada turno por el conductor asignado a esa zona. El momento de su realización es variable en el tiempo pues no está especificada una hora exacta para hacerlo.
- Los encadenados:**

Estos bordes de línea se realizan también una vez en cada turno y son realizados por el operario de la sala 3D. Se realizan así por la comodidad y optimización del tiempo que permite comprobar las características de 4 operaciones seguidas. Hay que destacar que estos bordes de línea no sustituyen a los que hay en cada operación.
- Los parciales:**

Estos bordes de línea se realizan únicamente si se necesitan comprobar ciertas características mecanizadas y no todas, ya sea por cambio de herramienta o por fallo de la máquina.



*Ilustración 12 Borde de línea*

Como he dicho antes el puesto de control se realiza de cada operación, pero no siempre se hacen uno a uno, hay ciertos momentos que se hacen “encadenados”, es decir, el operario realiza un control sobre los mecanizados de 3 o 4 operaciones consecutivas.

Este tipo de borde de línea se hace una vez al día, o en caso de cambio de ráfaga<sup>1</sup> como primera validación de las máquinas, y lo realiza el operario de la sala 3D, que es el encargado de comprobar mecanizados que no son posible comprobar a mano, tales como la rugosidad, cortes muy precisos o cavidades estrechas y profundas. Esta parte no está incluida en el proyecto pues está completamente automatizada ya.

Para el resto de las operaciones que no entran en el encadenado es el operario encargado de esa zona, llamado “conductor”, el que realiza el borde de línea según el frecuencial definido por la normativa de calidad.

---

<sup>1</sup> En Renault llaman cambio de ráfaga a cambiar la familia de culata que se está mecanizando.

Los bordes de línea también se utilizan en caso de cambio de herramienta o en caso de fallo de la máquina y son los que se conocen por Borde de línea parcial pues en ellos solo se revisan las características afectadas por el cambio de herramienta o por el fallo de la máquina.

En el caso del cambio de herramienta es el operario de cambio de herramienta quien lo realiza. Lo primero que hace en su turno es revisar en cada centro de mecanizado la vida útil de las herramientas y apuntar las que tiene que cambiar ese día. Después, a lo largo de su turno, las va cambiando y saca una pieza mecanizada con la nueva herramienta para comprobar que las características están bien y por lo tanto el cambio de herramienta es correcto

Ahora bien, si la máquina da fallo es el operario encargado de la zona el que va a revisar el problema con ella y una vez resuelto es quien saca una pieza para comprobar el buen mecanizado, haciendo un borde de línea parcial. Hasta no tener el OK completo la máquina seguirá parada para no generar defectos de calidad.

Para realizar los bordes de línea se utilizan unos instrumentos que en la factoría de motores conocen como “útiles de control”. En función de lo que se necesite comprobar podemos encontrar sondas de presión por aire para cavidades, “pasa-no pasa” para diámetros de orificios, plantillas para mecanizados en superficie, alexómetros para medir diámetros internos o el tapón con azul de Prusia para comprobar chaflanes entre otros.



Ilustración 13 Pasa - No pasa



Ilustración 14 No pasa, Calibre rasante

### 4.3 Identificación del problema

El proceso de borde de línea es uno de los controles de calidad más importantes que se realizan en la Factoría de motores Renault Valladolid, y, además, es un proceso con unos pasos a seguir muy meticulosos y ordenados de forma que se optimice el tiempo: no se puede hacer de cualquier manera. Se realiza con el objetivo de comprobar que todas las características mecanizadas de la pieza, tales como taladros, roscas, zonas fresadas, ranuras, hendiduras... estén mecanizadas correctamente.

El mayor problema que encontramos es la toma de datos en papel, una forma muy poco eficiente de manejar los fallos, de controlar las piezas en tiempo real e imposible realizar una trazabilidad en el tiempo. En resumen, no había trazabilidad del control de calidad.

No queda constancia ni del código de la pieza ni de la máquina por la que había salido. Por tanto, al no saber la máquina, si hay un fallo se tendrían que revisar todas las culatas mecanizadas entre el control anterior y el momento de fallo en vez de solamente las que hubieran pasado por la máquina en cuestión, perdiendo así mucho tiempo y dinero. Tampoco se podía realizar un seguimiento en los cambios de ráfaga al tener papeles solo con OK / NOK y sin registro de ningún dato más.

Además, las instrucciones de cómo realizar el Borde de línea también están en papel. Se llaman Fichas de Operación Estándar o FOS y es obligatorio que cada borde de línea tenga la suya porque deben de estar disponibles para consulta en cualquier momento, pero a la hora de realizarlo, usarlas, no es práctico. Las piezas no salen perfectamente secas, muchas veces están llenas de aceites u otros refrigerantes o lubricantes y en el puesto de borde de línea no hay una mesa ni un lugar adaptado para poner el papel. Y no solo por eso ya que la FOS no es única, ya que existe una para cada familia de culata. Así que al final el control de borde de línea se convertía en un proceso largo y tedioso.

Indagando un poco más se vio que los puestos de borde de línea tenían los útiles descolocados, o colocados sin un orden lógico, haciendo aún si cabe más largo y tedioso el proceso de control de calidad al tener que buscarlo y elegir.

El último problema encontrado es que los jefes de unidad, los responsables de los operarios en cada turno no pueden controlar en tiempo real cuando y como se hace el borde de línea, pues no es un proceso que se haga a una determinada hora del turno. Lo que también podría conllevar un exceso de controles de calidad que, aunque no es algo perjudicial, si supone un trabajo ineficiente de cara a la productividad, o falta de realización de estos, pudiendo haber un defecto de calidad en el medio y siendo ya tarde para controlarlo de forma óptima.

## 5. PLAN DE ACCIÓN

Se determinó crear un plan de acción para no perder el hilo conductor del proceso y tener un seguimiento de este. El plan de acción nos proporcionó una estructura clara y organizada para abordar el problema y permitió desglosar la solución en pasos y tareas específicas, lo que facilitó su implementación de manera ordenada y sistemática.

Al elaborar un plan de acción, se establecieron metas y objetivos claros. Proporcionando claridad al equipo sobre los objetivos específicos del nuevo proceso ayudamos a mantener el enfoque en la solución del problema en cuestión y evitamos desviarse o perderse en procesos innecesarios. Se identificaron las tareas específicas y se asignaron los trabajos. Al asignar responsabilidades específicas a los miembros del equipo cada persona se involucra en la implementación de sus tareas, lo que mejora el rendimiento y la eficiencia.

Con este plan de acción establecimos también plazos específicos para cada etapa del proceso de implementación. Esto facilitó la gestión del tiempo y nos permitió realizar un seguimiento del progreso. Además, sabiendo los plazos fue fácil modificarlo al ir viendo si el tiempo que previmos para cada paso se adecuaba al ritmo de trabajo o no. Aunque el plan de acción nos brindó una estructura también fue flexible a la hora de adaptarse a cambios imprevistos y también lo fue a la hora de hacer ajustes durante la implementación.

Se establecieron hitos para ir cumpliendo a medida que se desarrollaba el proyecto para poder ir avanzando y corrigiendo errores durante el proceso de creación. Al revisar y evaluar la implementación según el plan de acción se evitó tener que volver hacia atrás una vez implantada la primera solución. Y además al seguir el proceso se proporciona una oportunidad para el aprendizaje continuo.

Con ello también se optimizaron los recursos necesarios, estimando y asignando que y cuanto material íbamos a necesitar, pudiendo así empezar a pedir el material necesario para llevar a cabo la solución al problema.

Por último, se fomentó la comunicación y colaboración entre todos los involucrados en el proyecto, tanto los ingenieros como los operarios de las líneas o los jefes de unidad. Solo con la participación de todos, este proyecto podría salir adelante de manera efectiva.

La rápida detección de los fallos es el punto clave de este proyecto pues por un fallo sin detectar a tiempo el número de piezas para desechar podría ser muy grande y por lo tanto generar muchos más costes.

El plan de acción detallado:

- Formación inicial
- Análisis sobre las necesidades
- Elección del contenido de la aplicación
- Planteamiento de posibles bases de datos
- Elección del tipo de base de datos más adecuada
- Desarrollo de las bases de datos
- Implantación de la solución
- Análisis del grado de satisfacción
- Propuestas de mejora
- Implantación de las mejoras
- Análisis del grado de satisfacción sobre las mejoras.



Ilustración 15 Plan de acción (Elaboración propia)

Durante el desarrollo de las bases de datos se han hecho pequeñas implantaciones para ver el funcionamiento de la aplicación, adelantándonos a posibles fallos mucho más complicados de solucionar durante la implantación total de la solución, probándolas con los conductores y viendo las mejoras en directo.

Como se podrá observar todos estos puntos están desarrollados en la siguiente parte de este trabajo.

## 6. RECURSOS

En este apartado se explicarán los recursos disponibles utilizados para llevar a cabo el proyecto, tanto en tecnología como en información sobre la producción. Un punto muy importante teniendo en cuenta que la mejora continua es un aspecto esencial en todas las fábricas del mundo actualmente, donde se busca la optimización de tiempo y recursos (Suzaki, 1987).

### 6.1 Lean Manufacturing

El Lean es una filosofía de gestión que se ha convertido en una poderosa herramienta para mejorar la eficiencia operativa y la calidad de diversas organizaciones y sectores.

Originada en el Sistema de Producción de Toyota en 1950 por el fundador del grupo Sakichi Toyoda, después de crear metodologías y técnicas a lo largo de los años para eliminar los desperdicios entre operarios, líneas y procesos dio como resultado el método Just-In-Time. La producción Just-In-Time implica producir solo lo necesario, en la cantidad exacta y en el momento preciso, reduciendo así el inventario y mejorando la eficiencia.

El verdadero poder del Lean manufacturing radica en la identificación continua y sistemática del exceso, siendo este exceso cualquier actividad que no aporta ningún valor al producto final. Lo que queremos es eliminarlo para ahorrar tiempo y mejorar la producción. Es una actividad ininterrumpida para generar empresas más efectivas y capaces de adaptarse a la rapidez con la que cambia el mercado global (Socconini, L. 2019).

El Control Total de la Calidad es otro de los pilares del Lean. El norteamericano Feigenbaum expuso en la revista *Industrial Quality Control* que todos los departamentos de la empresa debían implicarse en el control de calidad, porque la calidad del producto final recae en los empleados a todos los niveles. En este control participan todos los departamentos durante la fabricación y también se incluyen en esta actividad proveedores, distribuidores y otras personas externas relacionadas con la empresa (Carreras, M. R. 2010).

El concepto de flujo continuo es otro pilar fundamental. Busca organizar el proceso de trabajo de manera que los productos o servicios fluyan, eliminando paradas y retrasos. La mejora continua, de la cual hablaremos en el siguiente punto, es un elemento crucial del Lean.

En resumen, Lean representa un enfoque holístico para la gestión empresarial, donde la eficiencia, la calidad y la mejora continua son elementos cruciales. Adoptando los principios Lean, las organizaciones pueden lograr procesos más

eficientes, una mayor satisfacción del cliente y una cultura empresarial orientada hacia la excelencia y la innovación constante.

## 6.2 Mejora continua

La mejora continua es un concepto imprescindible en el ámbito empresarial pues lo que busca es el crecimiento y la eficiencia a lo largo del tiempo. Se trata de una técnica que promueve e impulsa una revisión continua de los procesos de producción, buscando optimizarlos lo máximo posible. La mejora continua se basa en el Kaizen. La palabra Kaizen la acuñó en Japón Masaaki Imai a mediados de los ochenta. Kaizen proviene de dos ideogramas japoneses: *Kai* que significa cambio y *Zen* que quiere decir para mejorar.

La mejora continua promueve un pensamiento orientado al proceso para conseguir incrementar la producción en menos tiempo, estandarizando los criterios de calidad y también los métodos de trabajo por operación. Además, fomenta la participación de todos los miembros de la empresa, desde los empleados a nivel operativo hasta los altos directivos. (Tapias, Y. A. A., & Correa, J. H. R. 2010).

Una de las herramientas más utilizadas en la mejora continua es el ciclo de Deming, también conocido como el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar). Este ciclo consiste en planificar un cambio o una mejora, implementarlo, evaluar los resultados y actuar en consecuencia. A través de este enfoque, las organizaciones pueden repetir continuamente y optimizar sus procesos de forma gradual. (Alejandro, G. A. R., & La Rosa, A. J. O. 2018).

Además, también abarca aspectos como la calidad del producto, la satisfacción del cliente y la innovación. Al estar continuamente buscando mejoras las empresas se pueden adaptar rápidamente a los cambios del mercado. Para ello también hace falta conocimiento y por eso la mejora continua también fomenta el aprendizaje y la colaboración en el lugar de trabajo. Al apoyar la participación de todos los miembros de la empresa se crea un ambiente idóneo para la generación de ideas y la implementación de mejoras.

## 6.3 Tecnología

La factoría cuenta con fondos y tecnología suficientes para implantar una solución que permita a los operarios controlar, de forma optimizada, detallar la verificación de piezas en los procesos de borde de línea y a los jefes de Unidad y superiores controlar que la calidad está siendo óptima en tiempo real.

Para ello se hizo uso principalmente de los siguientes programas informáticos:

- Microsoft Excel:

Para la creación de las bases de datos utilizamos Excel.

Excel es una herramienta conocida por todos que ofrece muchísimas ventajas para la creación y gestión de tablas de datos. No nos olvidemos que los procesos se actualizan o cambian y en el futuro, y para la actualización de la aplicación, las tablas deberían de modificarse.

Primeramente y hablando de la propia creación de la tabla, Excel es una herramienta con una interfaz sencilla e intuitiva que permite al usuario crear y manipular tablas de datos sin necesidad de conocimientos avanzados de programación o estadística. En las tablas de datos de entrada, aunque no necesitamos ningún tipo de función o fórmula, sí utilizamos formatos y estilos para hacer que la tabla tuviera una fácil lectura. Además, Excel permite ordenar según diferentes criterios y aplicar filtros para visualizar selectivamente la información. Esto nos permitió comprobar fácilmente que no faltaba ninguna línea, y corregir errores rápidamente durante las pruebas, y permitirá en el futuro añadir pasos solo donde corresponda.

Excel es también buena herramienta para la conexión con otras fuentes de datos porque tiene una amplia compatibilidad con diferentes formatos de archivo y fuentes de datos, por lo que facilita la integración con diversas fuentes de información. Además, también tiene conexiones directas con bases de datos externas como SQL Server, Oracle y MySQL. Esto permite acceder y actualizar datos directamente desde la fuente sin necesidad de intermediarios.

Por tanto, a la hora de importar las bases de datos al servidor nos permitió hacerlo de una forma sencilla y en diferentes formatos. En este caso usamos el formato CVS (valores separados por comas). Y, a la hora de exportar las tablas de resultado, se pueden transformar a Excel para que sea más sencillo trabajar con ellas.

- Visual Studio Code:

La herramienta que se escogió para llevar a cabo la programación de la aplicación fue Visual Studio Code (VS Code).

VS Code es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft muy popular gracias a su versatilidad. Sus múltiples ventajas son: que es compatible con Windows, macOS y Linux, admite una amplia variedad de lenguajes, tiene una interfaz de usuario fácil de usar y sencilla y, además, es personalizable, y muchas más.

Además, tiene una característica que para nuestro trabajo era básica: es un software libre que no necesita licencia. Esta ventaja nos ahorró mucho tiempo pues no tuvimos que solicitar ningún desembolso de dinero por parte de Renault.

- Lenguaje PHP:

PHP es un lenguaje de código abierto muy utilizado en el desarrollo de aplicaciones porque puede ser incrustado en HTML, lo que permite a los desarrolladores mezclar ambos códigos para crear páginas web dinámicas de manera sencilla. PHP se ejecuta en el lado del servidor, facilitando así la comunicación aplicación-base de datos.

Este lenguaje se creó específicamente para el desarrollo web y es ampliamente utilizado para construir aplicaciones, por ello es una muy buena opción para nuestro caso.

Otras características que lo hacen ideal para este proyecto son: el manejo de formularios que permite a los desarrolladores capturar información enviada por el usuario (el resultado del control que los operarios envían a través de la app), la seguridad que proporciona, pudiéndose crear así diferentes sesiones en función de la persona que haga el control o la validación de formularios, que es una plataforma independiente lo que la hace compatible con los sistemas operativos Windows, macOS y Linux y la fácil conexión con bases de datos en el sistema de gestión MariaDB entre otras.

- MariaDB:

MariaDB, utilizado como servidor en este proyecto, es un sistema de gestión de bases de datos derivado de MySQL, que fue creada por Michael Widenius, el fundador original de MySQL.

Es un software de código abierto, lo que quiere decir que su código fuente es accesible y libremente disponible para toda la comunidad. MariaDB utiliza la Licencia pública General de la GNU, lo que permite a los usuarios ejecutar,

estudiar, modificar y distribuir el software. Además, tiene características de seguridad avanzadas, como la encriptación de datos o la autenticación mejorada, para garantizar la seguridad de los datos almacenados.

- TIBCO Spotfire:

TIBCO Spotfire es la plataforma de análisis de datos que vamos a utilizar en explotación de toda la información recogida en los BdL digitales.

TIBCO Spotfire es una plataforma de análisis de datos empresariales que proporciona herramientas avanzadas para la visualización y análisis de estos.

Permite crear visualizaciones interactivas y *dashboards* para explorar y entender datos, y ofrece una amplia variedad de gráficos y opciones de visualización. Además, con su análisis avanzado permite realizar análisis estadísticos y modelado predictivo, con lo que después de unos meses usando la aplicación seremos capaces de predecir que maquina fallará antes o tendrá más probabilidad de fallo, por ejemplo.

Se puede conectar directamente con la fuente de datos MariaDB por lo que facilita la integración de datos y nos da la oportunidad de ver y utilizar en tiempo real los datos recogidos desde la aplicación. También ofrece la posibilidad de automatizar tareas, lo que permite personalizar el flujo de datos. Y por último y muy importante, TIBCO Spotfire incluye funciones de seguridad que garantizan la integridad y confidencialidad de la información analizada.

Es por todo ello que Renault ya usa este sistema y lo cual nos beneficia pues ahorramos el coste del tiempo de aprendizaje de los usuarios

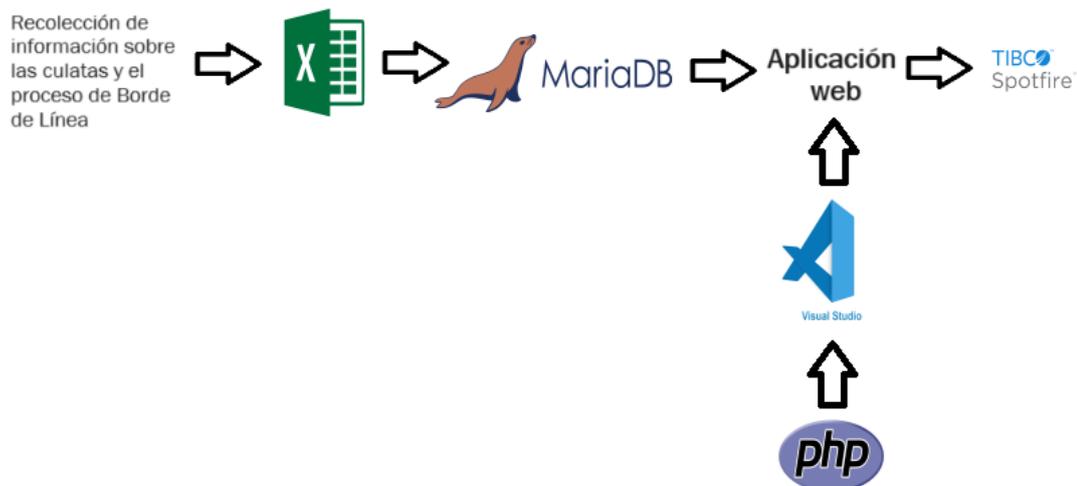


Ilustración 16 Flujo de utilización de los recursos (Elaboración propia)

## 6.4 Información

Para poder ejecutar el proyecto se contó con una formación inicial para controlar donde se guardaba la información, conocer la nomenclatura y los tipos de documentos que existían con relación a los bordes de línea, tanto en el proceso como tal de hacer un borde de línea como los procesos siguientes a un fallo de mecanizado. Era básico conocer la importancia de los bordes de línea a la hora de reaccionar ante un fallo.

Toda la información sobre las culatas y los procesos de borde de línea está ordenada y recogida en el Share Point del departamento de Piezas Prismáticas. Los documentos principales son 4:

- **Ficha técnica de proceso:**

Estas fichas, creada por ingeniería, indican paso a paso el mecanizado que sufre la culata en cada operación describiendo detalladamente ángulos de corte, profundidades, diámetros... En ellas queda constancia de todo lo referente a la herramienta que se usa en cada mecanizado: el material, la geometría, parámetros de corte, vida útil, entre otros.

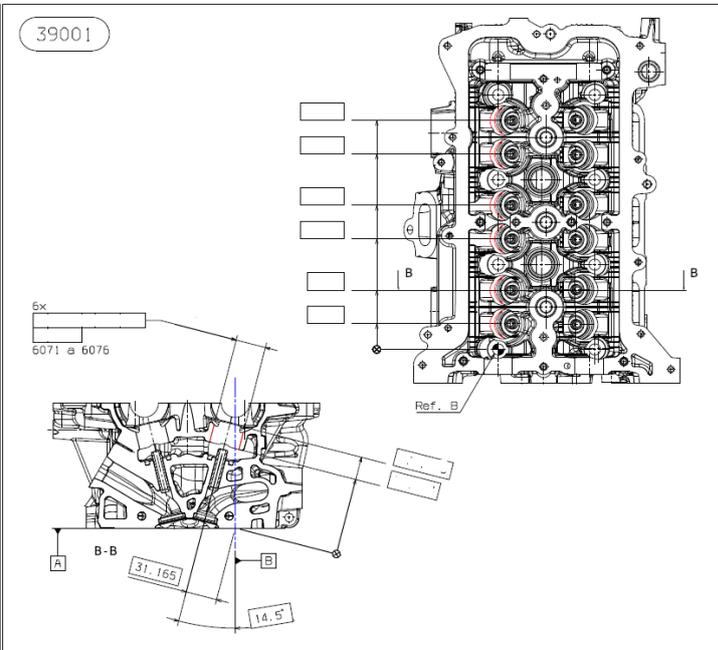
<b>OP 390</b>	<b>39001</b>	
<p>01 - Implantación de la operación y matriz de las máquinas 02 - Ejes de máquina y montaje 03 - Estático pieza y adaptador 04 - Mantenimiento 05 - Proceso &amp; Htas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- T39001           <ul style="list-style-type: none"> <li>-6071 a 6076: Alojamiento empujador ESC</li> <li>-6091 a 6096: Alojamiento empujador ADM</li> </ul> </li> <li>- T39009           <ul style="list-style-type: none"> <li>-5331-5336: Acabado capilla asiento ADM</li> </ul> </li> <li>- T39010           <ul style="list-style-type: none"> <li>-5371 a 5376: Punteado guía ADM</li> <li>-5331 a 5336: Desbaste asiento ADM</li> </ul> </li> <li>- T39010           <ul style="list-style-type: none"> <li>-5371 a 5376: Escariado guía ADM</li> <li>-5331 a 5336: Escariado asiento ADM</li> </ul> </li> <li>- T39011           <ul style="list-style-type: none"> <li>-5351 a 5356: Punteado guía ESC</li> <li>-5311 a 5316: Desbaste asiento ESC</li> </ul> </li> <li>- T39012           <ul style="list-style-type: none"> <li>-5351 a 5356: Escariado guía ESC</li> <li>-5311 a 5316: Escariado asiento ESC</li> </ul> </li> </ul>		
<p>DOCUMENTO: <b>FICHA ESQUEMA OP390</b></p> <p>PUERTO: <b>OP390 ESCARIADO EN ACABADO DE GUÍAS Y ASIENTOS ADM Y ESCAPE</b></p>		<p>CREACION: _____ FECHA: _____ SÍMBOLO S/R: _____</p>
<p>FACTORIA: <b>MOTORES VLL</b></p>	<p>PIEZA: <b>CULATA HR10</b></p>	<p>REF. NÚMERO: _____ VERSIÓN: <b>001</b> HOJA: _____</p> <p>PaD Modif por _____ Objeto Modificación _____</p>

Ilustración 17 Ficha técnica de proceso

- **PS4N:**

Es el Plan de control del proceso de producto. Se diseña con la información de las fichas de proceso y se añade la frecuencia a la que se debe de hacer un control de calidad y el tipo de control. Tanto la frecuencia del control como el tipo de control van en función de la importancia de la característica en concreto y del tipo de mecanizado que se haga. Existe un documento para cada familia de culatas.

- **Ficha técnica de control:**

Esta ficha se saca del PS4N y es en la que se unen todas las características que hay que verificar en el control de borde de línea.

FICHA DE CONTROL BDL										
CREADO:										
P.A.D.:										
CdG:										
OP	Designación	Característica	Descripción	Nominal	LIT	LST	Moyen de Contrôle	Référence	Fréquence	Fréq. Etalon
390	Alojamiento empujador ADM	6091D1, 6092D1, 6093D1, 6094D1, 6095D1, 6096D1	Diámetro Aloj. Empujador ADM Ø30				Tampón neumoelectrónico	I	1/brocha/turno	1
390	Alojamiento empujador ESC	6071D1, 6072D1, 6073D1, 6074D1, 6075D1, 6076D1	Diámetro Aloj. Empujador ESC Ø30				Tampón neumoelectrónico	I	1/brocha/turno	1
390	Mecanizado Guía ESC	5351D1, 5352D1, 5353D1, 5354D1, 5355D1, 5356D1	Diámetro Guía ESC Ø5,5 E				Tampón neumoelectrónico	I	1/brocha/turno	1
390	Mecanizado Guía ADM	5371D1, 5372D1, 5373D1, 5374D1, 5375D1, 5376D1	Diámetro Guía ADM Ø5,5 E				Tampón neumoelectrónico	I	1/brocha/turno	1
390	Mecanizado asiento ESC	5311CR1, 5312CR1, 5313CR1, 5314CR1, 5315CR1, 5316CR1	Circularidad portée Asiento ESC 0,015				Util especial oscilacion		1/brocha/turno	1

Ilustración 18 Ficha técnica de control

- **Ficha de Operación Estándar o FOS:**

Estas fichas las crean los jefes de Unidad a partir de la ficha técnica de control. En ellas se especifica paso a paso la forma de realizar el control, con instrucciones previas para la seguridad del operario que lo realice y también contienen información de cómo usar el útil de control designado para la comprobación. Un ejemplo sería el útil tapón con azul de Prusia que se utiliza para comprobar el correcto mecanizado de chaflanes y tiene un método de uso a la hora de aplicar la dosis adecuada del color azul de Prusia en el útil y de cómo usarlo en la pieza. Existen para todos los controles, pero nosotros nos vamos a centrar en los controles de borde de línea. En ellas también se especifican los puntos clave de los controles y porqué son clave.

Nº de FOP:		FOS CU12 390		Hoja de operación estándar		N 1 2			
Nombre del proceso (Nombre de la operación)		PUESTO CONTROL BDL OP390 HR10 - HR10 GPL		(Tipo PROCEDIMIENTO)		Fecha de modificación (mes/año)			
Equipo de seguridad / ropa		El requerido para el puesto de trabajo. Referente a la Seguridad se tendrán en cuenta las consignas		Tiempo total etapas		Turno			
Herramientas utilizadas		Utiles de control Borde De Línea Especificados en "Ficha de Control"		Calificación		Turno			
(Referencias):		Piezas utilizadas		FORMACION CSR		Turno			
		Todos los tiempos que aparecen en esta FOS son tiempos estimados							
Nº	Etapa principal	Descripción	Característica	Util Control	Cotas según plano	Tiempo c/min	Punto clave	Razón del punto clave	Dibujo explicativo
A	Colocarse las gafas de seguridad								
B	Soplar la culata con la manguera de aire comprimido hasta que desaparezcan los restos de viruta y taladrina								
1	Mecanizado Alojamiento empujador admision	6091 a 6096	6091 a 6096	Ø30 +0/+0,021	FIG 1	40			
	Coger y limpiar sonda								
	Etalonar sonda según ficha de etalonado.								
	Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta								
2	Mecanizado Alojamiento empujador escape	6071 a 6076	6071 a 6076	Ø30 +0/+0,021	FIG 2	40			
	Coger y limpiar sonda								
	Etalonar sonda según ficha de etalonado.								
	Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta								
3	Mecanizados c500 Circularidad portée Asiento ESC 0,015	5311 a 5316	5311 a 5316	0 +0/+0,015	FIG 3	20			
	Coger y limpiar el calibre rasante								
	Verificar medida								
	Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta								
4	Mecanizados c500 Oscilación portée Asiento ESC 0,06/X	5311 a 5316	5311 a 5316	0 +0/+0,06	FIG 3	20			
	Coger y limpiar sonda								
	Etalonar sonda según ficha de etalonado.								
	Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta								
5	Mecanizados c500 Ø guías ESC	5351 a 5356	5351 a 5356	Ø5,5 +0,018 / -0	FIG 3	20			
	Coger y limpiar sonda								
	Etalonar sonda según ficha de etalonado.								
	Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta								

Ilustración 19 Ficha de operación estándar

Nº de FOP:		FOS CU12 390		Hoja c	
Nombre del proceso (Nombre de la operación)		PUESTO CONTROL BDL OP390 HR10 - HR10 GPL			
Equipo de seguridad / ropa		El requerido para el puesto de trabajo. Referente a la Seguridad se tendrán en cuenta las consignas			
Herramientas utilizadas		Utiles de control Borde De Línea Especificados en "Ficha de Control"			
(Referencias):		Piezas utilizadas		Todos los tiempos que aparecen en esta FOS son tiempos estimados	

Ilustración 20 Ficha de operación estándar, detalle 1

Nº	Etapa principal	Descripción	Característica	Util Control	Cotas según plano	Tiempo c/Min
A	Colocarse las gafas de seguridad					
B	Soplar la culata con la manguera de aire comprimido hasta que desaparezcan los restos de viruta y taladrina					
1	Mecanizado Alojamiento empujador admision	6091 a 6096	6091 a 6096	Ø30 +0/+0,021	FIG 1	40
	Coger y limpiar sonda					
	Etalonar sonda según ficha de etalonado.					
	Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta					
2	Mecanizado Alojamiento empujador escape	6071 a 6076	6071 a 6076	Ø30 +0/+0,021	FIG 2	40
	Coger y limpiar sonda					
	Etalonar sonda según ficha de etalonado.					
	Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta					
3	Mecanizados c500 Circularidad portée Asiento ESC 0,015	5311 a 5316	5311 a 5316	0 +0/+0,015	FIG 3	20
	Coger y limpiar el calibre rasante					
	Verificar medida					
	Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta					
4	Mecanizados c500 Oscilación portée Asiento ESC 0,06/X	5311 a 5316	5311 a 5316	0 +0/+0,06	FIG 3	20
	Coger y limpiar sonda					
	Etalonar sonda según ficha de etalonado.					
	Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta					
5	Mecanizados c500 Ø guías ESC	5351 a 5356	5351 a 5356	Ø5,5 +0,018 / -0	FIG 3	20
	Coger y limpiar sonda					
	Etalonar sonda según ficha de etalonado.					
	Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta					

Ilustración 21 Ficha de operación estándar, detalle 2

Esta información cargada en el SharePoint no era suficiente para desarrollar el proyecto óptimamente por lo que se decidió complementarlo con la información recopilada línea a línea sobre las necesidades de cada BDL y según cada modelo de culata

En la Factoría de motores de Renault Valladolid se mecanizan 17 tipos de culatas distintos por lo tanto los procesos de borde de línea son diferentes en función del

tipo de culata porque los centros de mecanizado también cambian el tipo de mecanizado. Hay bordes de línea en los que no hace falta poner boca abajo la culata o girarla y en otros sí por lo que, para ordenar los pasos de forma optimizada, se necesita conocer el funcionamiento de cada borde de línea según el modelo de culata que se fabrique.

Además, es importante tener en cuenta a los operarios y trabajadores que ejecutan estas tareas y la aversión a los cambios que podrían experimentar por la digitalización del proceso. Por lo que se mantuvieron reuniones en equipo con los tres turnos de trabajo para conocer su forma de trabajar, su experiencia y sus propuestas de mejora y así hacer que el cambio fuera lo menos brusco y óptimo posible.

## 6.5 Técnica 5S

La técnica Lean de las 5S (*Hirano, 2009*), una técnica japonesa desarrollada por Hiroyuki Hirano, está presente en todos los procesos de Renault, y de la mayoría de las fábricas de otras marcas, y ha sido una referencia a la hora de estructurar el trabajo.

En esencia la técnica de las 5S pretende crear un espacio de trabajo limpio, ordenado y con solo lo esencial para llevar a cabo la tarea designada. Al quitar del medio la pérdida de tiempo, ya sea bien por no encontrar los útiles necesarios para el trabajo, por un estado mental no adecuado debido al desorden o por una aleatoriedad en el modo de trabajo, se aporta valor al producto final. Con esta técnica mejora la eficacia y la eficiencia y así se consigue una producción más fluida y con mejores resultados (*Ramírez et al, 2016*).

Las 5S son las siguientes:

- Seiri:

Se refiere a separar lo necesario de lo no necesario y además, clasificar lo necesario. Quedarse con lo esencial y desechar herramientas, materiales, documentos, equipos, utensilios... que no se usan o están en mal estado. Esto reduce el desorden y hace que con un simple vistazo se puedan identificar los elementos necesarios

- Seiton:

Después de clasificar los elementos necesarios hay que ordenarlos. Se han de colocar de manera sistemática y lógica y, además, hay que asegurarse que son

fácilmente alcanzables desde el puesto de trabajo. Ordenar los elementos minimiza la pérdida de tiempo y aumenta la eficiencia pues no se pierde tiempo en buscarlos.

- Seiso:

La tercera S se centra en la limpieza y en lo que es más importante, no volver a ensuciar. La limpieza constante mejora la apariencia del lugar de trabajo lo que conlleva también trabajar en un entorno más saludable mentalmente. Pero además mantener limpio el puesto de trabajo reduce el riesgo de accidentes y hace que sea un entorno más seguro.

- Seiketsu:

Seiketsu significa estandarizar. Se busca establecer procedimientos y rutinas para mantener el trabajo de las tres primeras S. En esto se incluye la documentación de los procesos de trabajo, de sus estándares, la formación de los trabajadores y la implementación de controles regulares para garantizar el cumplimiento de las normas y así evitar volver a la situación inicial.

- Shitsuke:

La última S pretende predicar y fomentar la autodisciplina y la cultura de la responsabilidad y compromiso por parte de todos los miembros del equipo. Este término está directamente relacionado con el término japonés Kaizen del que hemos hablado en el punto 6, que en castellano significa mejora. Se trata de inculcar a las personas hábitos para seguir las 5S de manera constante y continua, haciéndolos responsables de mantener su propia área de trabajo limpia, organizada y ordenada.

(Lindo-Salado-Echeverria et al, 2015)



Ilustración 22 Logo 5S

## 7. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

### 7.1 Elección de la solución

Basándose en todo lo anterior se decidió proponer una solución económica, rápida de implementar y que fuera capaz de solucionar todos los problemas detectados en el análisis de necesidades. Para ello se propusieron varios frentes:

De cara a conseguir las 5S en el puesto de borde de línea se propuso recolocar los útiles de forma lógica siguiendo los pasos de control de calidad. Además, se añadieron colores en función del tipo de culata que podía hacerse en ese puesto para hacer el proceso más fluido y fácil.

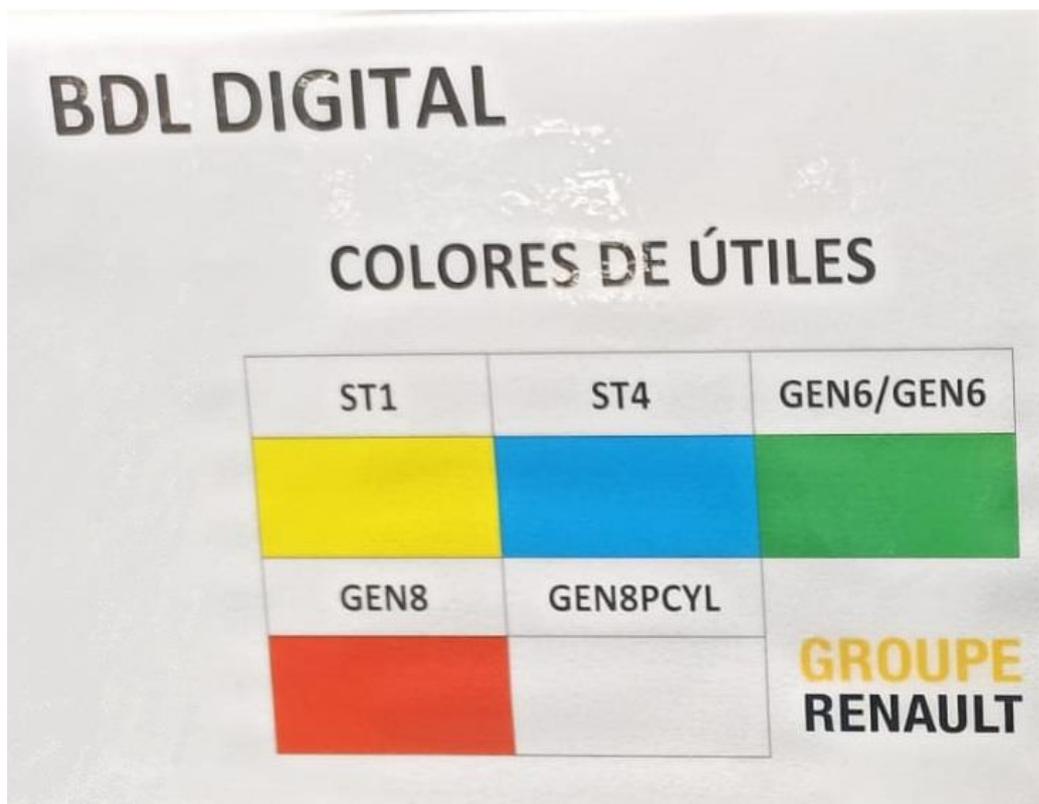


Ilustración 23 Colores borde de línea

Se quería conseguir que la información de cómo hacer el control de borde de línea estuviera allí, disponible en cualquier momento y, sobre todo que fuera fácil de usar. Por ello se decidió hacerlo digitalmente mediante la creación de una aplicación web.

Con esta aplicación, además de evitar el uso de papel, los operarios no solo podrían consultar toda la información necesaria, sino que también podrían introducir los resultados obtenidos. Así introduciendo el resultado de cada uno de los pasos, se crearía una trazabilidad completa que facilitaría, en el futuro, encontrar el origen del problema si lo hubiera.

Para conseguir todo eso se vio la necesidad de tener una base única en la que resultara fácil hacer el seguimiento de los controles de calidad y de que el operario llevara a cabo dichos controles, como se ha mencionado anteriormente, sin que estos se repitieran innecesariamente perdiendo así tiempo y dinero.

Finalmente, con la integración de este método se obtendría un sistema versátil, gestionado internamente y que pudiera recoger toda la información para después analizarla y explotarla.

## 7.2 Elección y desarrollo de la Base de Datos

Empecemos por definir qué es una base de datos. Llamamos base de datos a un conjunto de datos ordenados y que tienen una conexión lógica entre ellos o que se refieren a un mismo contexto (Camargo-Vega et al., 2015). Una biblioteca, por ejemplo, es una base de datos compuesta por libros y textos escritos abiertos para su consulta. Con el avance de la tecnología y la gran cantidad de datos que se necesitan acumular surgieron las bases de datos electrónicas. Una forma más compacta de administrar la gran cantidad de datos que hoy en día se recopilan. Se puede decir, de una forma aproximada que es un intento de representar la vida real:

“Una base de datos es un almacén de datos de una parte seleccionada del mundo real para ser utilizado con propósitos particulares.” (Fidel, 1987)

Las bases de datos electrónicas ofrecen ventajas como la capacidad de búsqueda rápida, almacenamiento masivo de información y actualización en tiempo real. Al utilizar estructuras y tecnologías específicas para organizar, indexar y recuperar datos de manera eficiente, con ellas y un buen soporte, la explotación de los datos para beneficio de la empresa es fácil y puede aportar muchas ventajas.

Por poner unos ejemplos, un banco tiene sistemas de gestión de datos con el propósito de ofrecer un servicio financiero, un hospital dedica sus recursos a la obtención de datos y su posterior análisis con el objetivo de mejorar la atención y los servicios hospitalarios. En el caso de la industria automovilística recoger los datos facilita la detección de fallos y acelera la búsqueda de soluciones y la implementación de estas (Bertino, E. 1995).

Las bases de datos de este Trabajo de Fin de Grado están orientadas a la recolección de datos sobre el control de calidad por lo tanto se dedicaron recursos y tiempo para

la recolección y organización de toda la información sobre el proceso de producción y sobre el control de calidad. También se dedicó tiempo al análisis de dichos datos para luego crear una base de datos lo más estructurada y ordenada posible.

El dinamismo y constante cambio de la industria hace que los cambios en la base de datos sea algo bastante regular por lo tanto teníamos que estar seguros de que los cambios se pudieran llevar a cabo sin tener que parar el sistema, de una forma rápida y eficaz.

Se decidió que se haría una única base de datos para cada línea de mecanizado empezando por la línea L2. Para poder seleccionar el contenido que era importante se investigó la forma de recolectar la información con la que trabajan en Renault como hemos visto en el punto 6. Y también se trazaron unas líneas básicas para empezar a plantear la base de datos.

### 7.2.1 Campos para las bases de datos

Para poder desarrollar una aplicación que indicara paso a paso las características a comprobar de cada culata se necesitó recopilar todas las Fichas de Operación de cada línea de mecanizado y separarlas por familia de culata. Una vez hecho eso se marcaron los campos principales que se necesitarían:

- **Número de paso**

Imprescindible para tenerlos ordenados. Para saber cómo ordenarlos se invirtió tiempo en ir a ver como los operarios hacían varios controles. Así se decidió un orden lógico para estandarizar el proceso de forma que se evitara perder el tiempo en rotar o girar la pieza, o en utilizar varias veces el mismo útil en diferentes momentos.

- **Medición**

Mecanizado que hay que comprobar. Este campo no solo indica el tipo de mecanizado que se va a medir sino también los parámetros para considerar que está bien mecanizado. Si esto no se cumple, la pieza deberá ser rechazada.

- **Característica**

Se llama así a cada mecanizado de la culata. Se indica con número y con foto la o las características a las que hay que aplicar la medición.

- **Rango de medida**

Tolerancias en las que tiene que estar la medida a comprobar.

DESCRIPCION	CARACTERISTICA	UTIL CONTROL	COTAS según plano	FIG
Mecanizado Alojamiento empujador admision	6091 a 6096		Ø30 +0/+0,021	FIG
Coger y limpiar sonda			Tampón Neumoelectrónico	
Etalonar sonda según ficha de etalonado.				
Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta				
Mecanizado Alojamiento empujador escape	6071 a 6076		Ø30 +0/+0,021	FIG

Ilustración 24 Medición, característica y rango de medida.

- **Útil de control**

Para este campo han hecho falta 4 columnas. La primera con la referencia del útil y las tres siguientes con las referencias de posibles patrones. No todos los útiles de control son únicos, hay algunos como las sondas de profundidad que, para saber que la sonda mide correctamente, primero se prueban sobre un patrón y se comprueba que la medida está dentro de tolerancia y después se usa sobre la característica de la pieza. Otros, por ejemplo, los alexímetros necesitan de dos patrones, uno máx. y otro mínimo, para comprobar el buen funcionamiento del útil antes de medir en la pieza.

	Útil	Patron max	Patron min	Patron	Tipo
ys C	E810006850				Cali
ys C	E810006850				Cali
ys C	E810006660	E810006668	E810006669		Tan
ys C	E810006660	E810006668	E810006669		Tan
nto	D670113610				P-N

Ilustración 25 Útil de control.

- **Tipo de útil**

En esta columna se indica el tipo de útil que se va a usar. Esta columna es información importante pues hay útiles que se parecen, pero no son lo mismo y, por supuesto, no pueden comprobar otras características que no sean para las que se han registrado.

OF 350		
LST	Moyen de Contrôle	Réfi
	Tampón neumoelectrónico	I
	Tampón neumoelectrónico	I
	Tampón neumoelectrónico	I

Ilustración 26 Tipo de útil.

- **Forma de verificación**

Este es el paso clave. En él se detalla como medir para verificar el estado de cada característica y también se detalla algún aspecto importante de cómo utilizar el útil de control asignado.

	Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta
2	<b>Mecanizado Alojamiento empujador escape</b> Coger y limpiar sonda Etalonar sonda según ficha de etalonado. Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta
3	<b>Mecanizados c500 Circularidad portée Asiento ESC 0,015</b> Coger y limpiar el calibre rasante Verificar medida Introducir en alojamiento y comprobar medida correcta
4	<b>Mecanizados c500 Oscilación portée Asiento ESC 0,06/1</b>

Ilustración 27 Forma de verificación.

- **Línea**

Línea a la que pertenece el control.

- **Operación**

Operación de la línea a la que pertenece el control.

- **Tipo de culata o familia**

Tipo de culata a la que se le aplica la medición. En el caso de la línea L2, por la que empezamos, serían ST1, ST4, GEN5, GEN6, GEN8 o GEN8 PCYL.

Linea	Operación	Familia
L2B	OP1350	GEN8
L2B	OP1350	GEN8PCYL
L2B	OP1350	GEN8

Ilustración 28 Línea, operación y familia.

- **Herramienta**

Este campo también es muy importante pues con él también se lleva una trazabilidad exhaustiva de las herramientas que dan fallo antes de acabar su vida útil. Para conseguir todas las herramientas se revisaron todas y cada una de las fichas técnicas de operación. Como he dicho antes en ellas se detalla qué herramientas se utilizan para cada característica mecanizada. A pesar de tener toda la información en esas fichas ha sido muy importante, para crear una base de datos correcta, el constante contacto con el operario de cambio de herramienta que nos enseñó todas ellas en los distintos centros de mecanizado.

- **Operario**

En esta columna se indica quién está realizando el control de borde de línea. Con ello se consigue una optimización del tiempo ya que no se repiten innecesariamente.

- **Indicador**

Este campo se utiliza para mejorar y agilizar el funcionamiento de la aplicación. Se desarrolla en el punto 7.2.

HTA	Operario	Indicador
4305	3D	a
4305	HTA	b
4313	Conductor	a
4313	3D	a

Ilustración 29 Herramienta, operario e indicador.

## 7.2.2 Necesidades del operario

Lo que se necesitaba para poder realizar el control de una forma eficiente, rápida y optimizada era que la información mostrada en la pantalla fuera lo más precisa posible. Por lo que solo se añadió el paso completo, una foto señalando la o las características a comprobar y una advertencia de seguridad. Se añadió una casilla de comentarios para que el operario pudiera dejar sugerencias al principio cuando se implementara la aplicación.

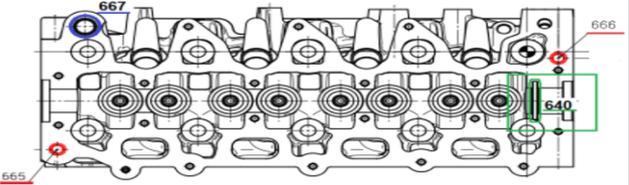
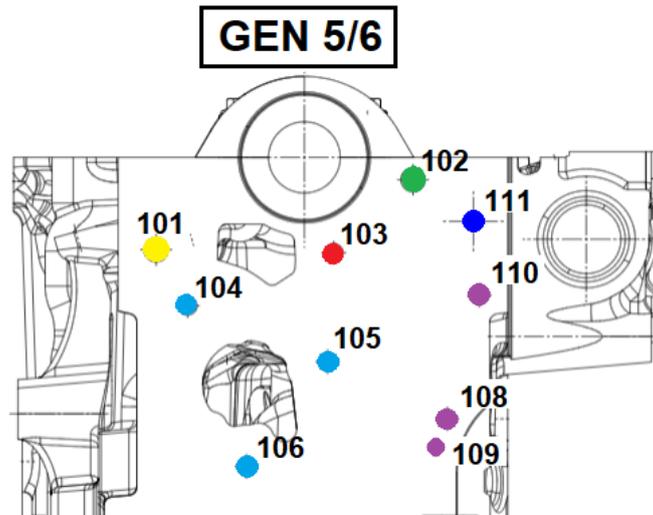
<b>Medicion:</b>	Mecanizados C600		<b>Características:</b>	667 (azul)
<b>Útil:</b>	E800000409	<b>Medida:</b>	D 14JS13 +- 0,135	
<b>Tipo de útil:</b>	P-NP	¿Cómo etalonar?		
<b>Patron:</b>				
<b>Patron max:</b>				
<b>Patron min:</b>				
			<b>¡IMPORTANTE!</b>	
			Ponerse gafas	
			Asegurar limpieza de útiles	
Verificar P/NP en el diametro anilla levantamiento.				
Todo bien	Todo bien	Todo bien	Todo bien	COMENTARIOS
Diametro pequeño	Diametro pequeño	Diametro pequeño	Diametro pequeño	
Diametro grande	Diametro grande	Diametro grande	Diametro grande	
Ej. 019.020.021	Ej. 019.020.021	Ej. 019.020.021	Ej. 019.020.021	
Solucion	Solucion	Solucion	Solucion	
ENVIAR NO CONFORMIDAD				

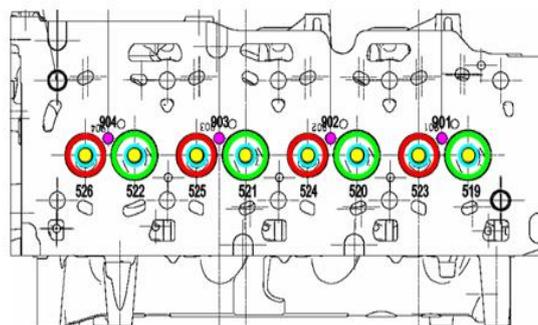
Ilustración 30 Pantalla aplicación

Además, con la ayuda de las fichas técnicas de proceso, se creó una foto para cada paso poniendo en color las características a medir y diferenciándolas también por colores. Así realmente cualquier persona, aunque no tuviera formación previa, sería capaz de realizar un control de borde de línea completo y bien hecho. En algunas fotos en las que las familias de culatas comparten características se añadieron los tipos de culatas para que así pudiera usarse la foto en ambos casos, como se puede ver en la imagen siguiente.

Con este método de trabajo el operario en vez de tener una hoja con instrucciones tendría en cada paso marcado las características a medir, lo que da mucha más fiabilidad y facilita el trabajo.



*Ilustración 31 Cara 100 culata GEN5 y GEN6*



*Ilustración 32 Cara 500 culata*

### 7.2.3 Tiempo de realización del borde de línea

Con el objetivo de optimizar el proceso se tomaron los tiempos para saber cuánto se tardaba en hacer los controles y simultáneamente se observó el proceso in situ. Con estos datos ha sido posible el ordenar los pasos de los controles y los útiles de control en el puesto de forma optimizada teniendo en cuenta varios aspectos:

- El tipo de culata que se está mecanizando en el turno.
- Cuantas características usan el mismo útil para ser verificadas. Había muchas veces en las que, solo por el orden de la Ficha de Operación Estándar, se cogía y dejaba el mismo útil varias veces, lo que no tenía ningún sentido.

- Si el mecanizado se hace por la cara inferior y hay que dar la vuelta a la pieza o si por causa del útil necesario se debe girar la pieza.
- La facilidad de uso de determinados útiles. Se optimizaron los movimientos según la regla NOMEDIFA. Esta es una regla LEAN que significa NO: disminuir el número de movimientos, ME: intentar trabajar con las manos simultáneamente, DI: a la menor distancia, FA: que el puesto sea fácil.

Con todos esos aspectos se ordenó la base de datos para que, por ejemplo, en caso de necesitar el mismo útil para características de la cara superior y de la cara inferior se hiciera después de revisar todas las características de la cara superior para girarla solo una vez, o en caso de necesitar coger varios útiles para el proceso anterior que fuera primero en la cara superior y luego exactamente igual en la cara inferior después de girarla para así crear un orden en los pasos y aunque se tuviera que usar el mismo útil dos veces al hacerlo en el mismo orden que es más rápido pensarlo y hacerlo.

## 7.2.4 Desarrollo de la base de datos

La base de datos y la aplicación se empezaron a desarrollar a la vez. Así que, debido al desarrollo de la aplicación web de borde de línea, y valorando los distintos grados de complejidad, la base de datos se fue optimizando y transformando acorde con las necesidades de la aplicación.

A lo largo del progreso de la aplicación se pasó por varias bases de datos diferentes:

En primer lugar, la base de datos consistía en un modelo simplificado de la información recogida de las distintas fuentes. En ella se mostraban cada uno de los pasos en las distintas filas por línea y por operación. La información de los tipos de culata estaba recogida solo en una celda, no existía el campo de la herramienta ni tampoco campo de persona.

Paso	Medición	Útil	Patron max	Patron min	Patron	Tipo útil	Etalonado	Verificación	Medida	Característica	Línea	Operación	Familia
1	Mecanizado PCYL	E810006840				Sonda roscado		Verificar P/NP e M10 x 100, 26,31 + - 0,7			1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL
2	Mecanizado PCYL	E810006530				Calibre rasante		Introducir el útil Profundidad 88,17 + - 0,15			1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL
3	Mecanizado PCYL	E810006540				Calibre rasante		Introducir el útil Profundidad 1,12 + - 0,2			1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL
4	Mecanizado PCYL	E800000403				P-NP		Verificar P/NP D 11 + - 0,2			1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL
5	Mecanizado PCYL	E800000404				P-NP		Verificar P/NP D 8,2 + - 0,1			1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL
6	Mecanizado PCYL	E800000402				P-NP		Verificar P/NP D 4,513 + - 0,09			1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL
7	Mecanizado fijaciones C1 D673142258					P-NP		Verificar P/NP d D 5,513 + - 0,09	103 a 106 y 115 a 117 (roj L2B		OP1350	GEN8	
8	Mecanizado fijaciones C1 D670122770					Sonda profundidad		Verificar que la Cota: Max. 23,45 (PASANTE) 103 // 104 a 106 y 115, 11 L2B			OP1350	GEN8	
9	Mecanizado fijaciones C1 D670118780					Sonda LEITECH		Verificar P/NP e M6 x 100: cota 14,35 + - 0,75 104 a 106 y 115, 117 // 11 L2B			OP1350	GEN8	
10	Mecanizado fijaciones C1 E810006580					Calibre rasante		Introducir el útil Profundidad Caja 2,04 + - 0,2 103 (rojo)			L2B	OP1350	GEN8
11	Mecanizado fijaciones C1 D673142258					P-NP		Verificar P/NP d D 5,513 + - 0,090	612 a 614, 617, 618, 627 a L2B		OP1350	GEN8	
12	Mecanizados fijaciones C1 D670122780					Sonda profundidad		Introducir la sor Profundidad 25,2 + - 0,5.	612 a 614, 617, 618, 627 a L2B		OP1350	GEN8	
12	Mecanizados fijaciones C1 D670122780					Sonda profundidad		Introducir la sor Profundidad 25,2 + - 0,5.	612 a 614, 617, 618, 627 a L2B		OP1350	GEN8	
13	Mecanizados fijaciones C1 D670118780					Sonda roscado		Verificar P/NP e M 6 x 100: cota 19,45 + - 0,75 612 a 614, 617, 618, 627 a L2B			OP1350	GEN8	
14	Fresado tope Arbol de Lei R100186405					P-NP		Verificar P/NP n Anchura 4,105 + - 0,025	640 (verde)		L2B	OP1350	GEN8
15	Fresado tope Arbol de Lei D670111140					Plantilla		Limpiar la plantilla 3,97/A/B	640 (verde)		L2B	OP1350	GEN8
16	Alojamientos casquillos C E810006650					Sonda profundidad		Introducir la sor Profundidad 12 + - 0,5	665, 666 (rojo)		L2B	OP1350	GEN8
17	Alojamientos casquillos C E810006650					Calibre rasante		Introducir el útil Profundidad 8,7 + - 0,3	665, 666 (rojo)		L2B	OP1350	GEN8
18	Alojamientos casquillos C E810006660		E810006668	E810006669		Tampon neumc		Introducir el F 1. Comprobar la D 9,993 + - 0,012	665, 666 (rojo)		L2B	OP1350	GEN8
19	Mecanizado alojamiento D670113610					P-NP		Verificar P/NP. D 17,14 + - 0,14	801 a 804		L2B	OP1350	GEN8
20	Mecanizado alojamiento P705627422					P-NP		Verificar P/NP. D 9,513 + - 0,11	801 a 804		L2B	OP1350	GEN8
21	Mecanizado alojamiento D670122820					P-NP		Verificar P/NP. D 5,81512 + - 0,06	801 a 804		L2B	OP1350	GEN8
22	Mecanizado alojamiento D670113620					Sonda roscado		Verificar P/NP e M 10 x 100	801 a 804		L2B	OP1350	GEN8
23	Mecanizado alojamiento D670105060					Sonda profundidad		Introducir la sor Profundidad 32 + - 0,575	801 a 804		L2B	OP1350	GEN8
24	Mecanizado alojamiento D760105050					Calibre rasante		Introducir el útil Profundidad 17 + - 2	801 a 804		L2B	OP1350	GEN8
24	Mecanizado alojamiento D760105050					Calibre rasante		Introducir el útil Profundidad 17 + - 2	801 a 804		L2B	OP1350	GEN8PCYL

Ilustración 33 Base de datos primera (cedida por Renault)

Paso	Medicion	Util	Patron max	Patron min	Patron	Tipo util	E
1	Alojamiento empujadores admisión y escape en desbaste	E800000411				P-NP	
1	Alojamiento	E800000411				P-NP	
1	Alojamiento	E800000411				P-NP	
1	Alojamiento	E800000411				P-NP	
1	Alojamiento	E800000411				P-NP	
1	Alojamiento	E800000411				P-NP	
2	Mecanizado desbaste apoyo muelle admision y escape	R100526880				P-NP	
2	Mecanizado desbaste	R100526880				P-NP	
2	Mecanizado desbaste	R100526880				P-NP	
2	Mecanizado desbaste	R100526880				P-NP	
2	Mecanizado desbaste	R100526880				P-NP	
2	Mecanizado desbaste	R100526880				P-NP	
3	Mecanizados fijacion soporte motor	E810006790				Calibre rasante	
3	Mecanizados fijacion	E810006790				Calibre rasante	
3	Mecanizados fijacion	E810006790				Calibre rasante	
3	Mecanizados fijacion	E810006790				Calibre rasante	
3	Mecanizados fijacion	E810006790				Calibre rasante	
3	Mecanizados fijacion soporte motor	E810006790				Calibre rasante	
4	Mecanizados fijacion soporte motor	E810009730				Sonda roscado	
4	Mecanizados fijacion	E810009730				Sonda roscado	
4	Mecanizados fijacion	E810009730				Sonda roscado	
4	Mecanizados fijacion	E810009730				Sonda roscado	
4	Mecanizados fijacion	E810009730				Sonda roscado	
4	Mecanizados fijacion	E810009730				Sonda roscado	
5	Mecanizados C600	E800000409				P-NP	
5	Mecanizados C600	E800000409				P-NP	
5	Mecanizados C600	E800000409				P-NP	
5	Mecanizados C600	E800000409				P-NP	

Ilustración 34 Base de datos primera detalle 1 (cedida por Renault)

Verificación	Medida	Característica	Línea	Operación	Familia	HTA	Operario	Indicador
Verificar P/NP.	D33.3 + 0,08	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4304	Conductor	a
Verificar P/NP.	D33.3 + 0,08	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4304	3D	a
Verificar P/NP.	D33.3 + 0,08	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4304	HTA	b
Verificar P/NP.	D33.3 + 0,08	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4304	Conductor	a
Verificar P/NP.	D33.3 + 0,08	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4304	3D	a
Verificar P/NP.	D33.3 + 0,08	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4304	HTA	b
Verificar P/NP.	D20,4 JS13 + C	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4305	Conductor	a
Verificar P/NP.	D20,4 JS13 + C	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4305	3D	a
Verificar P/NP.	D20,4 JS13 + C	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4305	HTA	b
Verificar P/NP.	D20,4 JS13 + C	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4305	Conductor	a
Verificar P/NP.	D20,4 JS13 + C	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4305	3D	a
Verificar P/NP.	D20,4 JS13 + C	619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4305	HTA	b
Introducir el ut	36,06 + 0,5	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	4313	Conductor	a
Introducir el ut	36,06 + 0,5	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	4313	3D	a
Introducir el ut	36,06 + 0,5	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	4313	HTA	b
Introducir el ut	36,06 + 0,5	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4313	Conductor	a
Introducir el ut	36,06 + 0,5	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4313	3D	a
Introducir el ut	36,06 + 0,5	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4313	HTA	b
Verificar P/NP	M10 x 1,5: Cote	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	1424	Conductor	a
Verificar P/NP	M10 x 1,5: Cote	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	1424	3D	a
Verificar P/NP	M10 x 1,5: Cote	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	1424	HTA	b
Verificar P/NP	M10 x 1,5: Cote	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	1424	Conductor	a
Verificar P/NP	M10 x 1,5: Cote	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	1424	3D	a
Verificar P/NP	M10 x 1,5: Cote	641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	1424	HTA	b
Verificar P/NP	D 14JS13 + 0,1 667	(azul)	L2B	OP1120	GEN8	4311	Conductor	a
Verificar P/NP	D 14JS13 + 0,1 667	(azul)	L2B	OP1120	GEN8	4311	3D	a
Verificar P/NP	D 14JS13 + 0,1 667	(azul)	L2B	OP1120	GEN8	4311	HTA	b
Verificar P/NP	D 14JS13 + 0,1 667	(azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4311	Conductor	a

Ilustración 35 Base de datos primera detalle 2 (cedida por Renault)

Pero a medida que la aplicación fue tomando forma, la base de datos se adaptó para poder cumplir con las demandas de esta. Se vio que para mejorar la trazabilidad y a la hora de optimizar la aplicación, cada celda de Excel debía de ser para cada tipo de culata. Por tanto, lo que en un principio era una línea por paso de borde de línea se convirtió en una línea por cada paso y tipo de culata.

Paso	Medicion	Util	Patron max	Patron min	Patron	Tipo util	Etalonado	Verificacion	Medida	Caracteristica	Línea	Operación	Familia
17	Alojamientos casquillos C	E810006850				Calibre rasante		Introducir el util	Profundidad 8,7 +- 0,3	665, 666 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
17	Alojamientos casquillos C	E810006850				Calibre rasante		Introducir el util	Profundidad 8,7 +- 0,3	665, 666 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL
18	Alojamientos casquillos C	E810006660	E810006668	E810006669		Tampon neumc		Introducir el F 1.	Comprobar la D 9,993 +- 0,012	665, 666 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
18	Alojamientos casquillos C	E810006660	E810006668	E810006669		Tampon neumc		Introducir el F 1.	Comprobar la D 9,993 +- 0,012	665, 666 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL
19	Mecanizado alojamiento	D670113610				P-NP		Verificar P/NP.	D 17,14 +- 0,14	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
19	Mecanizado alojamiento	D670113610				P-NP		Verificar P/NP.	D 17,14 +- 0,14	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
20	Mecanizado alojamiento	P705627422				P-NP		Verificar P/NP.	D 9JS13 +- 0,11	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
20	Mecanizado alojamiento	P705627422				P-NP		Verificar P/NP.	D 9JS13 +- 0,11	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
21	Mecanizado alojamiento	D670122820				P-NP		Verificar P/NP.	D 5,8JS12 +- 0,06	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
21	Mecanizado alojamiento	D670122820				P-NP		Verificar P/NP.	D 5,8JS12 +- 0,06	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
22	Mecanizado alojamiento	D670113620				Sonda roscado		Verificar P/NP e M	10 x 100	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
22	Mecanizado alojamiento	D670113620				Sonda roscado		Verificar P/NP e M	10 x 100	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
23	Mecanizado alojamiento	D670105060				Sonda profundidad		Introducir la sor	Profundidad 32 +- 0,575	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
23	Mecanizado alojamiento	D670105060				Sonda profundidad		Introducir la sor	Profundidad 32 +- 0,575	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
24	Mecanizado alojamiento	D760105050				Calibre rasante		Introducir el util	Profundidad 17 +- 2	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
24	Mecanizado alojamiento	D760105050				Calibre rasante		Introducir el util	Profundidad 17 +- 2	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
25	Mecanizado alojamiento	D670122730				Calibre Concentricidad		Comprobar la cc	D 0,3/RR*I QQ*I	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
25	Mecanizado alojamiento	D670122730				Calibre Concentricidad		Comprobar la cc	D 0,3/RR*I QQ*I	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
26	Acabado alojamiento iny	E810 006 640	E810 006 64I	E810 006 649		Tampon neumc		Introducir el F 1.	Comprobar la D 21,083 +- 0,025	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
26	Acabado alojamiento iny	E810 006 640	E810 006 64I	E810 006 649		Tampon neumc		Introducir el F 1.	Comprobar la D 21,083 +- 0,025	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL
27	Acabado alojamiento iny	E800 000 407				P-NP		Verificar P/NP.	D 19,364 +- 0,1	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
27	Acabado alojamiento iny	E800 000 407				P-NP		Verificar P/NP.	D 19,364 +- 0,1	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL
28	Acabado alojamiento iny	D670116540	R100496808	R100496809		Tampon neumc		Introducir el F 1.	Comprobar la D 17,083 +- 0,025	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
28	Acabado alojamiento iny	D670116540	R100496808	R100496809		Tampon neumc		Introducir el F 1.	Comprobar la D 17,083 +- 0,025	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL
29	Acabado alojamiento iny	E810006610				Calibre rasante		Introducir el util	Profundidad 94,44 +- 0,5	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
29	Acabado alojamiento iny	E810006610				Calibre rasante		Introducir el util	Profundidad 94,44 +- 0,5	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL

Ilustración 36 Base de datos segunda (cedida por Renault)

Verificacion	Medida	Caracteristica	Línea	Operación	Familia
Introducir el util	Profundidad 8,7 +- 0,3	665, 666 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
Introducir el util	Profundidad 8,7 +- 0,3	665, 666 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL
P 1. Comprobar la	D 9,993 +- 0,012	665, 666 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
P 1. Comprobar la	D 9,993 +- 0,012	665, 666 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL
Verificar P/NP.	D 17,14 +- 0,14	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
Verificar P/NP.	D 17,14 +- 0,14	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
Verificar P/NP.	D 9JS13 +- 0,11	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
Verificar P/NP.	D 9JS13 +- 0,11	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
Verificar P/NP.	D 5,8JS12 +- 0,06	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
Verificar P/NP.	D 5,8JS12 +- 0,06	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
Verificar P/NP e M	10 x 100	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
Verificar P/NP e M	10 x 100	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
Introducir la sor	Profundidad 32 +- 0,575	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
Introducir la sor	Profundidad 32 +- 0,575	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
Introducir el util	Profundidad 17 +- 2	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
Introducir el util	Profundidad 17 +- 2	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
Comprobar la cc	D 0,3/RR*I QQ*I	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8
Comprobar la cc	D 0,3/RR*I QQ*I	801 a 804	L2B	OP1350	GEN8PCYL
P 1. Comprobar la	D 21,083 +- 0,025	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
P 1. Comprobar la	D 21,083 +- 0,025	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL
Verificar P/NP.	D 19,364 +- 0,1	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
Verificar P/NP.	D 19,364 +- 0,1	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL
P 1. Comprobar la	D 17,083 +- 0,025	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
P 1. Comprobar la	D 17,083 +- 0,025	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL
Introducir el util	Profundidad 94,44 +- 0,5	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8
Introducir el util	Profundidad 94,44 +- 0,5	901 a 904 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8PCYL

Ilustración 37 Base de datos segunda detalle 3 (cedida por Renault)

Siguiendo con el desarrollo de la aplicación y con la recopilación de información sobre el proceso de control de borde de línea se decidió que si los diferentes operarios hacían el control en diferentes momentos del proceso de mecanizado y podían hacerlo de diferente forma en función de la necesidad o deber de ese momento también se deberían de añadir una columna de usuario.

Paso	Medicion	Util	Patron max	Patron min	Patron	Tipo util	Etolonado	Verificacion	Medida	Caracteristica	Línea	Operación	Familia	Operario
1	Mecanizado PCYL	E810006840				Sonda roscado		Verificar P/NP	M10 x 100, 26,31 + 0,7		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
1	Mecanizado PCYL	E810006840				Sonda roscado		Verificar P/NP	M10 x 100, 26,31 + 0,7		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
1	Mecanizado PCYL	E810006840				Sonda roscado		Verificar P/NP	M10 x 100, 26,31 + 0,7		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
2	Mecanizado PCYL	E810006530				Calibre rasante		Introducir el ut	Profundidad 88,17 + 0,15		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
2	Mecanizado PCYL	E810006530				Calibre rasante		Introducir el ut	Profundidad 88,17 + 0,15		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
2	Mecanizado PCYL	E810006530				Calibre rasante		Introducir el ut	Profundidad 88,17 + 0,15		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
3	Mecanizado PCYL	E810006540				Calibre rasante		Introducir el ut	Profundidad 1,12 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
3	Mecanizado PCYL	E810006540				Calibre rasante		Introducir el ut	Profundidad 1,12 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
3	Mecanizado PCYL	E810006540				Calibre rasante		Introducir el ut	Profundidad 1,12 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
4	Mecanizado PCYL	E80000403				P-NP		Verificar P/NP	D 11 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
4	Mecanizado PCYL	E80000403				P-NP		Verificar P/NP	D 11 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
4	Mecanizado PCYL	E80000403				P-NP		Verificar P/NP	D 11 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
5	Mecanizado PCYL	E80000404				P-NP		Verificar P/NP	D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
5	Mecanizado PCYL	E80000404				P-NP		Verificar P/NP	D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
5	Mecanizado PCYL	E80000404				P-NP		Verificar P/NP	D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
5	Mecanizado PCYL	E80000404				P-NP		Verificar P/NP	D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
5	Mecanizado PCYL	E80000404				P-NP		Verificar P/NP	D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
5	Mecanizado PCYL	E80000404				P-NP		Verificar P/NP	D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
6	Mecanizado PCYL	E80000402				P-NP		Verificar P/NP	D 4JS13 + 0,09		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
6	Mecanizado PCYL	E80000402				P-NP		Verificar P/NP	D 4JS13 + 0,09		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
6	Mecanizado PCYL	E80000402				P-NP		Verificar P/NP	D 4JS13 + 0,09		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
7	Mecanizado fijaciones	D673142258				P-NP		Verificar P/NP	D 5JS13 + 0,09	103 a 106 y 115 a 117 (L2B)	OP1350	GEN8	Conductor	
7	Mecanizado fijaciones	D673142258				P-NP		Verificar P/NP	D 5JS13 + 0,09	103 a 106 y 115 a 117 (L2B)	OP1350	GEN8	3D	
7	Mecanizado fijaciones	D673142258				P-NP		Verificar P/NP	D 5JS13 + 0,09	103 a 106 y 115 a 117 (L2B)	OP1350	GEN8	HTA	
8	Mecanizado fijaciones	D670122770				Sonda profundidad		Verificar que l	Cota: Max. 23,45 (PASANTI 103 // 104 a 106 y 115, L2B)		OP1350	GEN8	Conductor	
8	Mecanizado fijaciones	D670122770				Sonda profundidad		Verificar que l	Cota: Max. 23,45 (PASANTI 103 // 104 a 106 y 115, L2B)		OP1350	GEN8	3D	
8	Mecanizado fijaciones	D670122770				Sonda profundidad		Verificar que l	Cota: Max. 23,45 (PASANTI 103 // 104 a 106 y 115, L2B)		OP1350	GEN8	HTA	
9	Mecanizado fijaciones	D670118780				Sonda LEITECH		Verificar P/NP	M6 x 100: cota 14,35 + 0,7 104 a 106 y 115, 117 // L2B		OP1350	GEN8	Conductor	
9	Mecanizado fijaciones	D670118780				Sonda LEITECH		Verificar P/NP	M6 x 100: cota 14,35 + 0,7 104 a 106 y 115, 117 // L2B		OP1350	GEN8	3D	
9	Mecanizado fijaciones	D670118780				Sonda LEITECH		Verificar P/NP	M6 x 100: cota 14,35 + 0,7 104 a 106 y 115, 117 // L2B		OP1350	GEN8	HTA	
10	Mecanizado fijaciones	E810006580				Calibre rasante		Introducir el ut	Profundidad Caja 2,04 + C103 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8	Conductor	
10	Mecanizado fijaciones	E810006580				Calibre rasante		Introducir el ut	Profundidad Caja 2,04 + C103 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8	3D	
10	Mecanizado fijaciones	E810006580				Calibre rasante		Introducir el ut	Profundidad Caja 2,04 + C103 (rojo)	L2B	OP1350	GEN8	HTA	
11	Mecanizados fijaciones	D673142258				P-NP		Verificar P/NP	D 5JS13 + 0,090	612 a 614, 617, 618, 62' L2B	OP1350	GEN8	Conductor	
11	Mecanizados fijaciones	D673142258				P-NP		Verificar P/NP	D 5JS13 + 0,090	612 a 614, 617, 618, 62' L2B	OP1350	GEN8	3D	
11	Mecanizados fijaciones	D673142258				P-NP		Verificar P/NP	D 5JS13 + 0,090	612 a 614, 617, 618, 62' L2B	OP1350	GEN8	HTA	
12	Mecanizados fijaciones	D670122780				Sonda profundidad		Introducir la si	Profundidad 25,2 + 0,5.	612 a 614, 617, 618, 62' L2B	OP1350	GEN8	Conductor	
12	Mecanizados fijaciones	D670122780				Sonda profundidad		Introducir la si	Profundidad 25,2 + 0,5.	612 a 614, 617, 618, 62' L2B	OP1350	GEN8	3D	

Ilustración 38 Base de datos tercera (cedida por Renault)

Medida	Característica	Línea	Operación	Familia	Operario
M10 x 100, 26,31 + 0,7		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
M10 x 100, 26,31 + 0,7		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
M10 x 100, 26,31 + 0,7		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
f Profundidad 88,17 + 0,15		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
f Profundidad 88,17 + 0,15		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
f Profundidad 88,17 + 0,15		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
f Profundidad 1,12 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
f Profundidad 1,12 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
f Profundidad 1,12 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
D 11 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
D 11 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
D 11 + 0,2		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
D 8,2 + 0,1		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
D 4JS13 + 0,09		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	Conductor
D 4JS13 + 0,09		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	3D
D 4JS13 + 0,09		1001 L2B	OP1350	GEN8PCYL	HTA
D 5JS13 + 0,09	103 a 106 y 115 a 117 (L2B)	OP1350	GEN8	Conductor	
D 5JS13 + 0,09	103 a 106 y 115 a 117 (L2B)	OP1350	GEN8	3D	
D 5JS13 + 0,09	103 a 106 y 115 a 117 (L2B)	OP1350	GEN8	HTA	
i Cota: Max. 23,45 (PASANTI 103 // 104 a 106 y 115, L2B)		OP1350	GEN8	Conductor	
i Cota: Max. 23,45 (PASANTI 103 // 104 a 106 y 115, L2B)		OP1350	GEN8	3D	
i Cota: Max. 23,45 (PASANTI 103 // 104 a 106 y 115, L2B)		OP1350	GEN8	HTA	
M6 x 100: cota 14,35 + 0,7 104 a 106 y 115, 117 // L2B		OP1350	GEN8	Conductor	
M6 x 100: cota 14,35 + 0,7 104 a 106 y 115, 117 // L2B		OP1350	GEN8	3D	
M6 x 100: cota 14,35 + 0,7 104 a 106 y 115, 117 // L2B		OP1350	GEN8	HTA	

Ilustración 39 Base de datos tercera detalle 4 (cedida por Renault)

De esta forma se añadieron el resto de las columnas complementarias a la información de borde de línea donde se especificaba la trazabilidad necesaria para que la aplicación pudiera identificar el contenido correcto del control de calidad a mostrar.

Al final la base de datos resulto ser extensa pero bien detallada y la ventaja de hacerlo con Excel era un formato simple y sencillo al alcance de todos de forma que en el futuro si se ampliaba la línea o se ampliaban los controles, o al revés, se recortaba, fuera una forma fácil de cambiar la base de datos y no perderse en ella.

Paso	Medicion	Util	Patron max	Patron min	Patron	Tipo util	Etalonado	Verificacion	Medida	Caracteristica	Línea	Operación	Familia	HTA	Operario	Indicador
1	Alojamiento empujadores admisión y escape en desbaste	E800000411				P-NP		Verificar P/NP. D33.3 + 0,08		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4304	Conductor	a
1	Alojamiento	E800000411				P-NP		Verificar P/NP. D33.3 - 0,08		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4304	3D	a
1	Alojamiento	E800000411				P-NP		Verificar P/NP. D33.3 + 0,08		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4304	HTA	b
1	Alojamiento	E800000411				P-NP		Verificar P/NP. D33.3 + 0,08		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4304	Conductor	a
1	Alojamiento	E800000411				P-NP		Verificar P/NP. D33.3 - 0,08		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4304	3D	a
1	Alojamiento	E800000411				P-NP		Verificar P/NP. D33.3 + 0,08		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4304	HTA	b
2	Mecanizado desbaste apoyo muelle admision y escape	R100526880				P-NP		Verificar P/NP. D20,4 JS13 + C 619 a 626 (rojo)		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4305	Conductor	a
2	Mecanizado desbaste	R100526880				P-NP		Verificar P/NP. D20,4 JS13 + C 619 a 626 (rojo)		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4305	3D	a
2	Mecanizado desbaste	R100526880				P-NP		Verificar P/NP. D20,4 JS13 + C 619 a 626 (rojo)		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8	4305	HTA	b
2	Mecanizado desbaste	R100526880				P-NP		Verificar P/NP. D20,4 JS13 + C 619 a 626 (rojo)		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4305	Conductor	a
2	Mecanizado desbaste	R100526880				P-NP		Verificar P/NP. D20,4 JS13 + C 619 a 626 (rojo)		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4305	3D	a
2	Mecanizado desbaste	R100526880				P-NP		Verificar P/NP. D20,4 JS13 + C 619 a 626 (rojo)		619 a 626 (rojo)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4305	HTA	b
3	Mecanizados fijacion soporte motor	E810006790				Calibre rasante		Introducir el ul 36,06 + 0,5		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	4313	Conductor	a
3	Mecanizados fijacion	E810006790				Calibre rasante		Introducir el ul 36,06 + 0,5		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	4313	3D	a
3	Mecanizados fijacion	E810006790				Calibre rasante		Introducir el ul 36,06 + 0,5		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	4313	HTA	b
3	Mecanizados fijacion	E810006790				Calibre rasante		Introducir el ul 36,06 + 0,5		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4313	Conductor	a
3	Mecanizados fijacion	E810006790				Calibre rasante		Introducir el ul 36,06 + 0,5		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4313	3D	a
3	Mecanizados fijacion soporte motor	E810006790				Calibre rasante		Introducir el ul 36,06 + 0,5		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4313	HTA	b
4	Mecanizados fijacion soporte motor	E810009730				Sonda roscado		Verificar P/NP M10 x 1,5: Cote 641 (azul)		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	1424	Conductor	a
4	Mecanizados fijacion	E810009730				Sonda roscado		Verificar P/NP M10 x 1,5: Cote 641 (azul)		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	1424	3D	a
4	Mecanizados fijacion	E810009730				Sonda roscado		Verificar P/NP M10 x 1,5: Cote 641 (azul)		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	1424	HTA	b
4	Mecanizados fijacion	E810009730				Sonda roscado		Verificar P/NP M10 x 1,5: Cote 641 (azul)		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	1424	Conductor	a
4	Mecanizados fijacion	E810009730				Sonda roscado		Verificar P/NP M10 x 1,5: Cote 641 (azul)		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	1424	3D	a
4	Mecanizados fijacion	E810009730				Sonda roscado		Verificar P/NP M10 x 1,5: Cote 641 (azul)		641 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	1424	HTA	b
5	Mecanizados C600	E800000409				P-NP		Verificar P/NP D 14JS13 + 0,1 667 (azul)		667 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	4311	Conductor	a
5	Mecanizados C600	E800000409				P-NP		Verificar P/NP D 14JS13 + 0,1 667 (azul)		667 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	4311	3D	a
5	Mecanizados C600	E800000409				P-NP		Verificar P/NP D 14JS13 + 0,1 667 (azul)		667 (azul)	L2B	OP1120	GEN8	4311	HTA	b
5	Mecanizados C600	E800000409				P-NP		Verificar P/NP D 14JS13 + 0,1 667 (azul)		667 (azul)	L2B	OP1120	GEN8PCYL	4311	Conductor	a

Ilustración 40 Diseño final base datos (cedido por Renault)

## 7.3 Funcionamiento de la aplicación

El objetivo principal de la aplicación, como se indica al principio de este trabajo, era conseguir que toda la información recogida en los controles de borde de línea estuviera a disposición de todos para poder explotarla y analizar mejoras en ellos. Además de poder detectar fallos rápidamente.

Toda la información de la base de datos se plasmó en la aplicación de la siguiente forma:

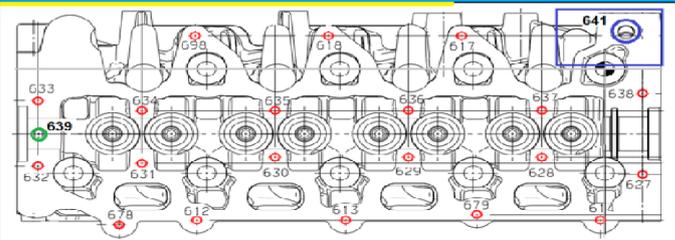
<b>Medicion:</b>	Mecanizados C600	<b>Características:</b>	641 (azul)
<b>Útil:</b>	E800025409	<b>Medida:</b>	D 11JS10 +/- 0.25
<b>Tipo de útil:</b>	P-NP	<b>¿Cómo etalonar?</b>	
<b>Patron:</b>			
<b>Patron max:</b>			
<b>Patron min:</b>			
		<b>¡IMPORTANTE!</b>	
		Ponerse gafas	
		Asegurar limpieza de útiles	
		Verificar P/NP en el diametro anilla levantamiento.	
Todo bien Diametro pequeño Diametro grande	Todo bien Diametro pequeño Diametro grande	Todo bien Diametro pequeño Diametro grande	Todo bien Diametro pequeño Diametro grande
		COMENTARIOS	
		Solucion	
ENVIAR NO CONFORMIDAD			

Ilustración 41 Secciones del paso de Borde de Línea

- En rosa:**  
 En la parte superior izquierda siempre aparece la cara del mecanizado.
- En amarillo:**  
 Debajo de la información sobre la cara aparece la información del útil necesario en ese paso. Código y tipo de útil y en caso de tenerlos los códigos de los patrones.
- En rojo:**  
 En rojo vemos el numero de la característica y su medida.
- En azul:**  
 Debajo de la información del útil y al lado de la señal de seguridad tenemos la foto del dibujo de la culata con la característica a comprobar señalada en

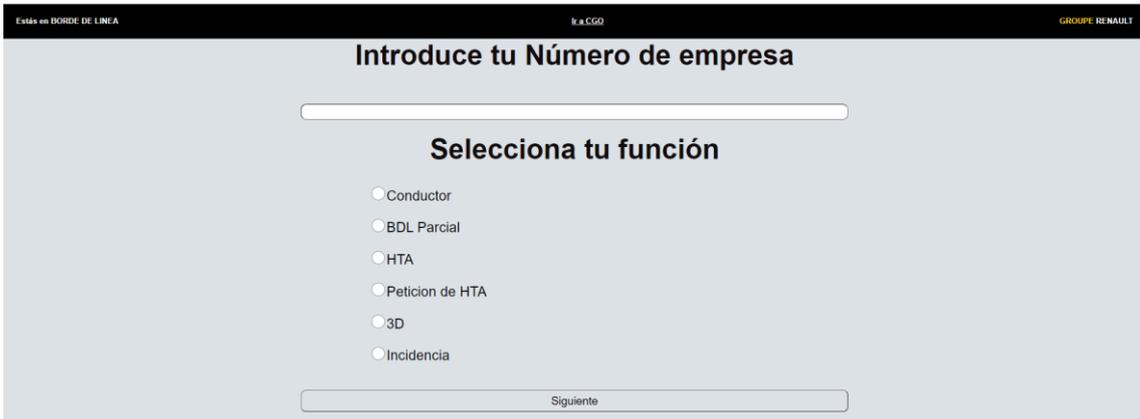
un color. Estas fotos se han sacado directamente de las fichas de proceso creadas por los ingenieros.

- **En verde:**

Y por último en verde se puede ver la descripción del funcionamiento de cada característica a comprobar.

Pero para ello se necesita un motor de búsqueda que coincida con los parámetros incluidos en la base de datos. Por ello la aplicación tiene varios pasos iniciales antes de empezar con el control de calidad.

- **Primero** se selecciona el usuario que va a realizar el control y qué variante se va a verificar. Con este paso se consigue que cada persona que realice el control quede registrada correctamente y en caso de fallo saber a quién recurrir sin necesidad de descifrar la letra escrita en el papel, como se hacía en un principio.



Estás en BORDE DE LÍNEA

K.a.CGO

GRUPE RENAULT

### Introduce tu Número de empresa

### Selecciona tu función

- Conductor
- BDL Parcial
- HTA
- Petición de HTA
- 3D
- Incidencia

*Ilustración 42 Paso 1 control borde de línea*

En la figura X se puede ver como a parte del Conductor, del operario de cambio de herramienta “HTA” y del operario de la sala 3D “3D” hay otras tres opciones. La primera y la tercera, BDL Parcial e Incidencia, se incluyeron como mejoras que se comentarán en el punto 7 de este proyecto, y la segunda Petición HTA, es un subproyecto del TFM mencionado anteriormente.

- **Segundo**, y dependiendo de quién realice el control, se tiene que introducir el centro de mecanizado por el cual la pieza ha pasado y el código DATAMATRIX de la pieza.

Introducir el centro de mecanizado es el segundo punto más importante de esta aplicación. Con este paso es con el que se consigue la trazabilidad exacta

de la pieza. Sabiendo por qué maquina ha pasado en caso de fallo, la cantidad de piezas a controlar se reduce a la mitad, a un tercio o a un cuarto, dependiendo de si hay dos, tres o cuatro centros de mecanizados en la operación.

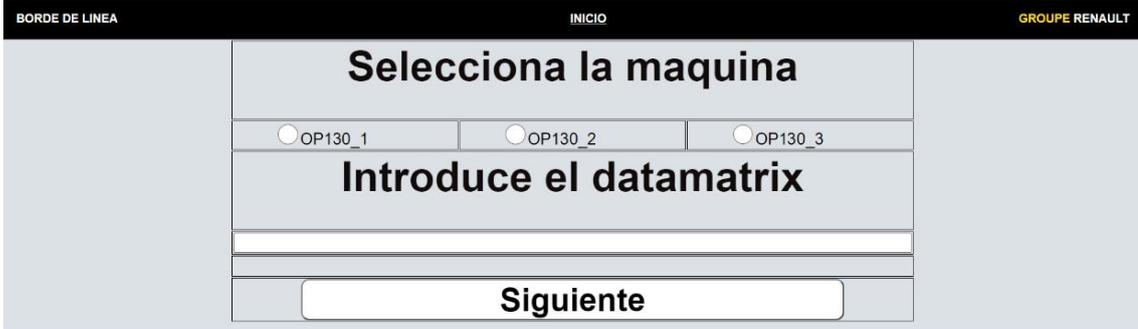


Ilustración 43 Paso 2 Conductor

Pieza 2			
<input type="radio"/> OP350_1	<input type="radio"/> OP350_2	<input type="radio"/> OP350_3	<input type="radio"/> OP350_4
<input type="radio"/> OP360_1	<input type="radio"/> OP360_2	<input type="radio"/> OP360_3	<input type="radio"/> OP360_4
<input type="radio"/> OP370_1	<input type="radio"/> OP370_2		
<input type="radio"/> OP380_1	<input type="radio"/> OP380_2	<input type="radio"/> OP380_3	<input type="radio"/> OP380_4
<input type="radio"/> OP390_1	<input type="radio"/> OP390_2	<input type="radio"/> OP390_3	
<b>Introduce el datamatrix</b>			
Pieza 3			
<input type="radio"/> OP350_1	<input type="radio"/> OP350_2	<input type="radio"/> OP350_3	<input type="radio"/> OP350_4
<input type="radio"/> OP360_1	<input type="radio"/> OP360_2	<input type="radio"/> OP360_3	<input type="radio"/> OP360_4
<input type="radio"/> OP370_1	<input type="radio"/> OP370_2		
<input type="radio"/> OP380_1	<input type="radio"/> OP380_2	<input type="radio"/> OP380_3	<input type="radio"/> OP380_4
<input type="radio"/> OP390_1	<input type="radio"/> OP390_2	<input type="radio"/> OP390_3	
<b>Introduce el datamatrix</b>			
Pieza 4			

Ilustración 44 Paso 2 operario sala 3D

- El **tercer paso**, y consecutivos, es realizar el control de calidad e ir introduciendo paso a paso los resultados obtenidos. En ellos el operario puede escribir cualquier tipo de incidencia como por ejemplo un mal mecanizado o la imposibilidad de realizar dicho control porque el útil no está en el puesto.

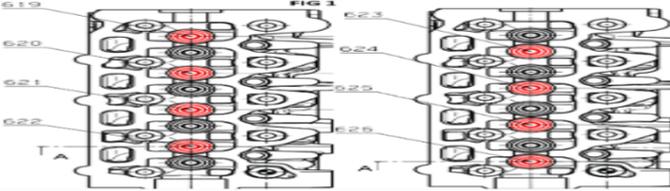
BORDE DE LINEA		Ir a INICIO		GROUPE RENAULT	
<b>Medicion:</b>	Alojamiento empujadores admisión y escape en desbaste	<b>Características:</b>	619 a 626 (rojo)		
<b>Útil:</b>	E800000411	<b>Medida:</b>	D33.3 +/- 0,08		
<b>Tipo de útil:</b>	P-NP	¿Cómo etalonar?			
<b>Patron:</b>					
<b>Patron max:</b>					
<b>Patron mín:</b>					
		<b>¡IMPORTANTE!</b>			
		Ponerse gafas			
		Asegurar limpieza de útiles			
		Verificar P/NP.			
Todo bien Diametro pequeño Diametro grande	<b>Características no validas:</b> Ej: 619.620.621 <b>Solucion:</b> Solucion	COMENTARIOS			
<a href="#">CENSO DE UTILES</a>					
<b>OK</b>					

Ilustración 45 Control de borde de línea digital

En la ilustración anterior se puede observar cómo se recopiló desde las Fichas de Operación Estándar toda la información necesaria para cada paso del borde de línea y además se incluyó en todos los pasos y en rojo las instrucciones de seguridad.

De esta forma el control, dentro de su complejidad e importancia, queda mucho más ergonómico y fácil de hacer.

La aplicación se hizo teniendo en cuenta a los operarios de las líneas, del orden en que realizaban ellos el borde de línea y de los tiempos, pero la premisa fue que cualquier trabajador además de los operarios de la línea fuera capaz de realizarlo si en algún momento era necesario.

## 8. PRIMERA IMPLEMENTACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE MEJORAS

A mediados de abril se implantó la primera versión de la aplicación. En este punto se va a explicar cómo fue la formación del personal, los retos que supuso y los datos que se recabaron de la primera comparación entre el método de papel y el método digital para plantear mejoras.

### 8.1 Formación del personal

Para comenzar con el proceso se tuvieron en cuenta dos problemas: la reticencia de los trabajadores hacia el cambio y la falta de dispositivos, *tablets*, en cada borde de línea.

Por ello se inició la formación con los jefes de unidad. Al ser ellos los responsables de los operarios era necesario que conocieran el proceso a la perfección, además, se les explicó las ventajas de la digitalización y donde ver y explotar los datos recabados, para que así comprobaran como, con esta nueva forma de hacer los controles de borde de línea, ellos podrían controlarlo mejor y más fácilmente.

Otra de las ventajas de empezar por los jefes de unidad era que ellos conocían a la gente que tienen a cargo por lo que, pedagógicamente hablando, resultó muy útil saber si habría personas más reacias al cambio y como convencerlas. Es importante comprender que las personas tienen un carácter y una forma de trabajar ya interiorizada.

Una vez formados los jefes de unidad se pasó a formar a los operarios del turno de mañana. La medida no fue muy popular al principio, pero gracias al apoyo de los tutores, de los jefes de unidad y de la mayoría de los operarios al final se llegó a implantar completamente en las líneas L2 y L6.

## 8.2 Toma de datos

La factoría tiene tres turnos de trabajo que rotan: mañana, tarde y noche, por lo que la formación duró tres semanas. Como la primera base de datos completa fue para la línea L2 empezamos por ella. Durante esas tres semanas se recabaron bastantes datos, dejando espacio para solucionar algunos errores, y se pudo empezar a plantear como explotarlos y como mejorar tanto como se tomaban los datos como la forma en que llegaban.

Las respuestas de la app enviadas durante estas semanas se recogieron en la tabla “Resultados” de la base de datos. Esta forma era útil a la hora de ver toda la información recogida, pues solo se tenía que acceder a un fichero, pero era una forma muy general de ver los datos, poco útil para poder utilizarlos y poco visual para detectar errores rápidamente.

Por ello el programa que se utilizó para la presentación de los datos fue TIBCO Spotfire: un sistema que permite analizar, ordenar y diferenciar los datos como al consumidor más le convenga. Este programa lleva usándose en Renault desde hace años por lo que su uso no conllevó ningún tipo de formación nueva.



Ilustración 46 Pantalla TIBCO Spotfire (Elaboración propia)

Con la aplicación recogiendo datos en tiempo real fue sencillo ver que controles se iban haciendo, recordemos que los controles rutinarios de Borde de Línea no tienen un horario si no que los hace el operario en algún momento de su turno, y con ello controlar que la calidad del producto acabado era correcta.

Otra ventaja de TICBO Spotfire es que se puede diseñar la forma de visualización de los datos como mejor convenga.

Más detalladamente, en la pantalla se puede ver:

- **Los resultados recogidos**

En la tabla se puede observar rápidamente si un control esta OK o NO OK. De esta forma el tiempo de respuesta es mínimo, evitando así un problema mayor.

RESULTADOS RECOGIDOS

Fecha	Hora	Operario	Funcion	Operaci
04/05/2021	8:45:33	4258820	3D	OP520
04/05/2021	8:45:33	4258820	3D	OP530
04/05/2021	8:45:33	4258820	3D	OP520
04/05/2021	8:45:33	4258820	3D	OP530
04/05/2021	8:45:33	4258820	3D	OP360
04/05/2021	8:45:33	4258820	3D	OP360
04/05/2021	10:16:52	4258820	3D	OP120
04/05/2021	10:16:52	4258820	3D	OP120

Ilustración 47 Resultados recogidos (Elaboración propia)

- **La tasa de realización**

Al existir 3 tipos de controles distintos era necesario saber la tasa de realización de cada uno de ellos, más que pasa saber cuántos se hacían, para estar seguros de que ninguno faltaba. La máxima preocupación era que solo se realizaran controles parciales y por lo tanto ninguna pieza fuera revisada al 100%.



Ilustración 48 Tasa de realización (Elaboración propia)

- **Las operaciones medidas**

Se incluyó una gráfica con las horas a las que se realizaban los controles. De esta forma si en el futuro es necesario organizarlos para que se realicen a horas determinadas se podría observar cuando eran las horas de más alta actividad.



Ilustración 49 Operaciones medidas (Elaboración propia)

### 8.3 Planteamiento y desarrollo de las mejoras

A raíz de los datos tomados y las reuniones periódicas con los operarios se establecieron unas primeras mejoras:

- Hablando con los operarios se vio la necesidad de hacer una opción para el borde de línea parcial, porque, aunque se ha explicado en un principio lo que es, no se vio la utilidad hasta implantar la aplicación.
- De igual forma se vio la gran utilidad de una sección de incidencias para dejar constancia de, en el caso de no hacerse el BdL, saber por qué. Otro ejemplo de su uso era la posible rotura o pérdida de algún útil.
- Al ver el potencial de la app para llevar también un control sobre las herramientas de los centros de mecanizado se incluyó en la base de datos la columna “indicador”. Así cuando el conductor o el operario de la sala 3D hicieran el control, al enviarse los datos a la tabla de resultados se recogieran en ella todas las herramientas, pero en cambio sí quien hacía el control era el operario de cambio de herramienta solo se enviaban los datos de las herramientas modificadas.

- Para agilizar el proceso a la hora de introducir el código de las culatas se implementó un sub paso en el que con la cámara de la Tablet se leía el código QR de la culata y se introducía automáticamente.
- Al principio, al realizar una medición en varias características, el operario daba el ok a todas ellas de una sola vez. Para que el control fuera aún más exhaustivo se cambió a que tuviera que dar el ok a cada una de ellas escogiendo la opción que más se adaptaba a la medición que había realizado.

Digitalización del proceso de toma de datos en los  
controles de borde de línea de mecanizado de culata.

## 9. IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS

El resultado de la implementación de las mejoras fue muy positivo en todas ellas.

Para crear el borde de línea parcial, a la hora de seleccionar el usuario que estaba haciéndolo, si era el conductor o el cambio de herramienta, te daba la posibilidad de escoger primero el tipo de borde de línea y después al escoger el parcial te daba a escoger que herramienta era la afectada para solo realizar el control sobre las características mecanizadas por dicha herramienta.

Motivo		
<input type="radio"/> Frecuencial	<input type="radio"/> No Calidad	<input type="radio"/> Rotura
<b>Selecciona las herramientas</b>		
<input type="checkbox"/> 1186	<input type="checkbox"/> 1487	<input type="checkbox"/> 1416
<input type="checkbox"/> 1722	<input type="checkbox"/> 4163	<input type="checkbox"/> 9132
<input type="checkbox"/> 1423	<input type="checkbox"/> 3086	<input type="checkbox"/> 4321
<input type="checkbox"/> 8326	<input type="checkbox"/> 9424	<input type="checkbox"/> 4316
<b>Siguiente</b>		

Ilustración 50 Selección de cambio de hta y hta.

Se vio que el tiempo ahorrado con esta mejora era alrededor del 30% lo cual está muy bien para los inicios. Además, también esta mejora fue muy valorada entre los trabajadores pues anteriormente era muy engorroso hacer estos bordes de línea por la cantidad de papeles que había que consultar.

Incluir la columna “indicador” en la tabla de datos nos permitió crear una trazabilidad en la vida útil de las herramientas de los centros de mecanizado y de las maquinas en si pues se empezó a ver cuáles eran las maquinas que más fallaban.

La mejora que peor recepción tuvo fue la de añadir para cada característica su propio Ok/ No ok. Los trabajadores vieron que perdían tiempo pues en ciertos mecanizados había más de cinco características por evaluar. A pesar de ello se dejó esa medida,

pero se cambió a que en vez de ser obligatoria fuera opcional por si se veía algo que realmente era necesario notificar.

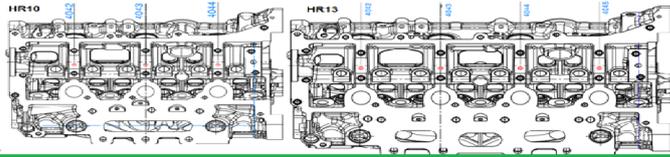
<b>Medición:</b>		Medición cara 400		<b>Características:</b>		4042 - 4045 (rojo)	
<b>Útil:</b>		E800000409		<b>Medida:</b>		D 14JS12 +- 0.25	
<b>Tipo de útil:</b>		P-NP		<b>¿Cómo etalonar?</b>			
<b>Patron:</b>							
<b>Patron max:</b>							
<b>Patron min:</b>							
				<b>¡IMPORTANTE!</b>			
				Ponerse gafas			
				Asegurar limpieza de útiles			
				Verificar PNP en el diametro anilla levantamiento.			
Todo bien		Todo bien		Todo bien		Todo bien	
Diametro pequeño		Diametro pequeño		Diametro pequeño		Diametro pequeño	
Diametro grande		Diametro grande		Diametro grande		Diametro grande	
Ej: 4042, 4044		Ej: 4042, 4044		Ej: 4042, 4044		Ej: 4042, 4044	
Solucion		Solucion		Solucion		Solucion	
				ENVIAR NO CONFORMIDAD			
				COMENTARIOS			

Ilustración 51 Descripción control características.

## 10. IMPACTO ECONÓMICO

La implementación de esta mejora en la línea de culatas de la Factoría de Renault en Valladolid permitirá la rápida detección de una pieza defectuosa, en caso de que la haya, cada vez que el control se realice.

Detectar a tiempo una sola pieza defectuosa por turno reduce significativamente el número de piezas que podrían llegar mal mecanizadas a control final. Con la trazabilidad se consigue eliminar rápidamente las piezas defectuosas sin producirse así un gasto extra de materia prima y por tanto ahorrar costes en la cantidad de materia prima necesaria para completar la producción del turno.

Hablando de números debemos tener en cuenta que el control de Borde de Línea está estipulado realizarse una vez por turno. Si tenemos en cuenta que por cada turno se mecanizan unas 600 culatas aproximadamente, si hay paradas o cambios de ráfagas son menos, y que el coste base de una culata ronda entre los 200 y 220 euros dependiendo de la familia de culata, las pérdidas por realizar mal un borde de línea y dar por buenas culatas que no están bien mecanizadas podrían ascender a 100.000 euros.

Al valor real de la materia prima tendremos que añadir el valor del tiempo, el valor de los útiles gastados para la mecanización de duchas piezas y de la mano de obra.

Por lo tanto, también se ve un ahorro significativo en las herramientas. Al detectar la pieza defectuosa a tiempo no se da pie a que más piezas se mecanicen, gastando así el resto de las herramientas, y luego sean desecho. Las herramientas que los centros de mecanizado utilizan tienen precios bastante elevados pues lo que se pretende es tener mecanizados muy precisos y acabados perfectos.

Y también la rapidez en la detección de una pieza defectuosa el proceso permite una intervención oportuna. Esto reduce la cantidad de mano de obra requerida para la solución de problemas. La optimización, así, de los recursos laborales también genera ahorros de costos y aumenta la eficiencia.

Por último las mejoras en la calidad del proceso siempre aumentan la confianza del cliente en la marca. Entregar constantemente productos de alta calidad debido a la implementación de este nuevo proceso mejora la reputación de la fábrica en el mercado. Una reputación positiva puede atraer nuevos clientes y oportunidades comerciales, lo que puede llevar a un crecimiento y expansión potenciales.

Digitalización del proceso de toma de datos en los controles de borde de línea de mecanizado de culata.

## 11. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado, que era la creación de las bases de datos para la posterior implementación de un proceso de seguimiento del control de calidad más eficiente y rápido en las líneas de culatas de la Factoría de Motores de Renault Valladolid, podemos concluir que ha sido un éxito.

- Las reuniones previas, el interés por ver como se realizaban los controles, primeramente, contar con personas con más conocimiento en el tema... desembocó en un primer acercamiento a la solución del problema bastante precisa. Se determinó el plan de acción a seguir para tener una guía y así poder hacer un trabajo estructurado.
- Ya que se invirtió bastante tiempo en conocer a fondo el proceso productivo de las culatas, y gracias a las fichas técnicas de proceso y el PS4N se consiguió sintetizar una solución para el problema que cumpliera con todas las exigencias del control.
- Recopilando y estructurando toda la información se pudieron crear las bases de datos y con ellas completar la aplicación. Ahora ya al realizar el control de borde de línea los datos se almacenan en la base de datos “resultado” y están preparados para explotarse. De esta manera se conocen los fallos en tiempo real y al dejar constancia del centro de mecanizado por el que ha pasado la pieza también se crea la trazabilidad.
- La implantación de la aplicación no fue fácil, como ya se ha comentado, pero gracias a la ayuda de los jefes de unidad y que desde el principio se tuvo en cuenta el trabajo de los operarios, ellos también estuvieron receptivos y dispuestos al cambio. Por lo que se puede decir que sí se consiguió implantar el nuevo método de una forma fluida y eficiente.
- Cuando la aplicación ya llevaba un tiempo en uso y se tuvieron datos suficientes para explotarlos, incidencias, notas y comentarios sobre el funcionamiento o sobre el orden de la aplicación, se enumeraron una serie de mejoras. Una vez definidas las mejoras se buscaron soluciones y posteriormente se implantaron de una forma satisfactoria tanto para el personal de la fábrica como para los desarrolladores del nuevo método.

Mediante el uso continuo de este sistema hemos conseguido pasar de no tener prácticamente ningún registro sobre los errores a tener un registro donde no solo se registra el error, sino también las características afectadas y el grado de afectación de estas, con lo que se ha agilizado la respuesta ante ellos ahorrando así costes. Además de llevar un registro completo de las herramientas afectadas con lo que se puede crear un protocolo preventivo o pensar en cambiar algunas por otras de mayor durabilidad.

Por lo que podemos decir que la calidad ha mejorado notablemente.

A pesar de todo siempre hay cosas que se pueden mejorar como por ejemplo los puestos de control en las operaciones. Aunque se recolocaron los útiles y se cambió el papel por las tablets, el puesto aún puede ser más ergonómico para poder realizar el control mejor.

## 12. LÍNEAS FUTURAS

Como prueba para la continuación y ampliación del proyecto se creó también una base de datos para la línea de mecanizado de bielas del departamento de Piezas Cilíndricas.

Se vio entonces que al ser mecanizados distintos el proceso es distinto y los controles también. Por lo que, si este proyecto se quisiera llevar al resto de líneas de la fábrica, aunque el objetivo principal sería el mismo, se necesitaría invertir más tiempo para la creación de bases de datos específicas para cada componente, y más tiempo en el análisis de cada línea de mecanizado para adaptar la aplicación a todas las necesidades.



## 13. REFERENCIAS

Abadal, E., & Codina, L. (2005). Bases de datos documentales: características, funciones y método.

Aguilar, L. J. (2020). *Industria 4.0 La cuarta revolución industrial*. Marcombo.

Alejandro, G. A. R., & La Rosa, A. J. O. (2018). Implementación del ciclo de mejora continua Deming para mejorar la productividad en el área de logística de la empresa de confecciones KUYU SAC LIMA-2016. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 5(2).

Barraza, M. F. S., & Dávila, J. Á. M. (2008). Encontrando al "Kaizen": un análisis teórico de la "mejora continua". *Pecunia: revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, (7), 285-311.

Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro* (Vol. 647). Inter-American Development Bank.

Bernardos Sanz, J. U., Hernández, M., & Santamaría Lancho, M. HISTORIA ECONÓMICA. TEMA 8. SEGUNDA REVOLUCIÓN.

Bertino, E. (1995). *Sistemas de bases de datos orientadas a objetos: conceptos y arquitecturas*. Ediciones Díaz de Santos.

Camargo-Vega, J. J., Camargo-Ortega, J. F., & Joyanes-Aguilar, L. (2015). Conociendo big data. *Revista Facultad de Ingeniería*, 24(38), 63-77.

Carreras, M. R. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Ediciones Díaz de Santos.

Cortés, C. B. Y., Landeta, J. M. I., Chacón, J. G. B., Pereyra, F. A., & Osorio, M. L. (2017). El entorno de la industria 4.0: implicaciones y perspectivas futuras. *Conciencia tecnológica*, (54).

Elmasri, R., Navathe, S. B., Castillo, V. C., Pérez, G. Z., & Espiga, B. G. (2007). *Fundamentos de sistemas de bases de datos* (No. QA76. 9D3 E553 2007.). Pearson educación.

Guerra-López, I. J. (2007). *Evaluación y mejora continua: Conceptos y herramientas para la medición y mejora del desempeño*. AuthorHouse.

Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual--The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing: Volume 2--Waste and the 5S's*. Crc Press.

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-17824> (16/12/2023)

<https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/> (09/10/2023)

<https://www.progresslean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/> (02/11/2023)

Lindo-Salado-Echeverría, C., Sanz-Angulo, P., De-Benito-Martín, J. J., & Galindo-Melero, J. (2015). Aprendizaje del lean manufacturing mediante minecraft: Aplicación a la herramienta

5S/Lean manufacturing learning by minecraft: Application to the 5S tool. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (16), 60.

Manzano Ramírez, M., & Gisbert Soler, V. (2016). Lean manufacturing: implantación 5S. *3C Tecnología*, 5(4), 16-26.

Otero, A. S., & de Grossi, M. M. (1998). *La llamada revolución industrial*. Universidad Católica Andrés.

Socconini, L. (2019). *Lean manufacturing. Paso a paso*. Marge books.

Suzaki, K. (1987). *New manufacturing challenge: Techniques for continuous improvement*. Simon and Schuster.

Tapia, V. (2017). Industria 4.0–Internet de las cosas. *UTCiencia*, 1(1), 51-60.

Tapias, Y. A. A., & Correa, J. H. R. (2010). Kaizen: Un caso de estudio. *Scientia et Technica*, 16(45), 59-64.

Vilar, J. B. (1990). *La primera revolución industrial española: 1827-1869* (Vol. 3). Ediciones AKAL.