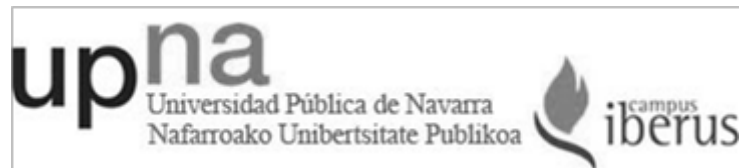




ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Universidad Pública de Navarra



Titulación:

Grado en Tecnologías Industriales

Título del Proyecto:

ESTUDIO ENERGÉTICO EN EL TALLER DE CHAPISTERÍA EN
VOLKSWAGEN NAVARRA S.A.

Sergio Echavarren Sarasibar
Justo García Ortega
Pamplona, Junio 2016

Abstract

This project has been developed in order to obtain the degree in Technology titulación Industriales Public Univerisdad of Navarra.

The project gathers in detail a description of the compressed air installations of Chapistería Volkswagen Navarra, a documentation of consumption, equipment, facilities with the aim of detecting energy wastage in the system. Moreover it has made saving measures that reduce energy consumption and facilitate the maintenance of inslaciones. In addition, the macro developed for control of air consumption in Chapistería by the staff of the department. Finally an economic analysis of the actions taken is attached.

Similarly, it has been studied of the equipment adhesive in the body shop. A study of the technical and economic feasibility of energy saving actions.

Resumen

El presente proyecto se ha desarrollado con el objetivo de obtener la titulación de Grado en Tecnología Industriales de la Univerisdad Pública de Navarra.

El proyecto recoge un descripción detallada de las instalaciones de aire comprimido en taller de Chapisteria, una documentación de consumos, equipos, instalaciones con el objetivo de detectar derroches energéticos en la instalación. Con dichos derroches se ha realizado medidas de ahorro que reducen el gasto energético del taller en este sector y que facilitan las labores de mantenimiento de las inslaciones. A su vez, se describe la macro desarrollada para el control del consumo de aire del taller por parte del personal de mantenimiento. Finalmente se adjunta un análisis económico de las medidas tomadas.

Del mismo modo, se ha realizado un estudio de los equipos de adhesivo en el taller de Chapistería. Con un estudio de la viabilidad técnica y económica de las medidas ahorro energético.

Índice de palabras clave

1. Mantenimiento Chapistería VW Navarra
2. Aire comprimido
3. Gas ideal
4. Control de consumos
5. Eficiencia energética
6. Dificultades técnicas
7. Inversión
8. Ahorro
9. Coordinación

Índice:

1. Objeto.....	11
2. Alcance	13
3. Introducción a la empresa.....	15
3.1. Volkswagen Navarra S.A.....	15
3.2. Grupo Volkswagen.....	16
3.3. Historia	17
3.3.1. AUTHI (1965-1975).....	17
3.3.2. SEAT (1976-1983).....	18
3.3.3. Volkswagen (1984- la actualidad).....	19
3.4. Breve historia del Volkswagen Polo	22
3.4.1. Modelo A01	22
3.4.2. Modelo A02	22
3.4.3. Modelo A03	22
3.4.4. Modelo A04	23
3.4.5. Modelo A05	23
3.5. Proceso de Producción de Volkswagen Navarra.....	24
3.5.1. Prensas.....	25
3.5.2. Chapistería.....	26
3.5.3. Pintura	26
3.5.4. Motores	28
3.5.5. Montaje	29
3.5.6. Revisión final:.....	29
3.6. Taller de Chapistería.....	30
3.7. Think Blue	34
4. Aire comprimido en Chapistería	37

4.1. Estudio teórico	37
4.1.1. Estados de la materia.....	37
4.1.2. La atmósfera.....	38
4.1.3. Las leyes de los gases:.....	39
4.1.4. Comportamiento de los gases ideales	40
4.1.5. Aire comprimido.....	41
4.1.6. Compresores.....	42
4.1.7. Ahorros teóricos de consumos eléctricos.....	46
4.2. Situación actual.....	48
4.2.1. Necesidades	48
4.2.2. Instalaciones, redes de distribución y contadores.....	52
4.2.3. Usos de aire comprimido	57
4.3. Derroches:.....	63
4.3.2. Activación del modo Think Blue	67
4.3.3. Fugas de aire.....	68
4.3.4. Comprimir a mayor presión de la necesaria.....	70
4.4. Medidas de ahorro	74
4.4.1. Medición de fugas en instalación	74
4.4.2. Generación de informes de consumo semanales	75
4.4.3. Equipos de medición de fugas:	89
5. Estudio de ahorro energético en los equipos de masilla del taller de chapistería:.....	95
5.1. Equipos de masilla:	95
5.1.1. Conjunto bomba bidón	97
5.1.2. Dosificador	98
5.1.3. Pistola de masilla.....	98
5.1.4. Pistola dosificadora	99
5.1.5. Controlador PCU	99
5.2. Medidas de ahorro	105
5.2.1. Fresado de chapa de detección	105

5.2.2. Aislante en los equipos en los platos de masilla	106
6. Presupuesto.....	107
6.1. Aire comprimido	107
6.2. Equipo de masilla.....	109
7. Conclusiones.....	111
7.1. Aire comprimido	111
7.2. Equipos de masilla	112
8. Bibliografía.....	113
8.1. Bibliografía empleada para aire comprimido.....	113
8.2. Bibliografía empleada para masillas.....	113
9. Anexos	114
9.1. Plano Lay Out de Conducciones de Aire Chapistería 115	
9.2. Explicación Macro de generación de informes	117
9.3. Gráficas de Historial	127

1. Objeto

El objeto de este Trabajo Fin de Grado (TFG) es realizar un estudio energético en el departamento de Chapistería de la empresa de Volkswagen Navarra S.A., se realiza de Febrero a Junio de 2016. El estudio recoge un análisis de eficiencia energética del taller, detallando los sectores con mayor potencial de ahorro energético en la actualidad. Este trabajo se realiza como proyecto fin de carrera con el objetivo de obtener el título del Grado en Tecnologías Industriales de la Universidad Pública de Navarra.

El estudio se realiza a petición del taller de Chapistería y pretende detectar derroches energéticos, plantear soluciones eficientes y analizar estas soluciones de manera teórica y práctica, mejorando la productividad del taller. En él, se analizan los siguientes puntos:

- Aire comprimido en la instalación:
Casi el 100% de la maquinaria de taller de chapistería está conectado a la red general de aire de la fábrica, Comparado con otras formas de energía este sistema tiene un coste bajo pero, como el consumo es muy elevado, tiene un peso importante en el gasto energético total de la sección de chapa. Consecuentemente es una de las formas de energía del taller con un mayor potencial de ahorro.
- Equipos de masilla de la nave:
La aplicación de masillas es un proceso clave en la fabricación del Volkswagen Polo, la mala aplicación de la misma puede provocar grandes defectos de calidad en la fabricación. Es muy importante que todos los equipos trabajen de manera óptima para garantizar una correcta unión de las piezas, el aislamiento de la carrocería contra la corrosión o la absorción de vibraciones. Se realiza una revisión de los equipos y se plantean soluciones para las mismas.

Para poder entender todo el proceso de ahorro realizado, se realiza una explicación del funcionamiento de las instalaciones de Volkswagen Navarra, garantizando la protección y confidencialidad de los datos e información en general de la empresa. No obstante, resaltar que ningún resultado final o conclusión se ha visto alterado por el cambio de datos.

2. Alcance

En el grupo Volkswagen se ha implantado la estrategia Think Blue cuya finalidad es reducir el impacto ambiental de la marca un 25% en el período 2010-2018. Lo que se busca desde Volkswagen con esta estrategia es producir vehículos cada vez más respetuosos con el medio ambiente, con una visión más allá de productos y tecnologías. La estrategia Think Blue quiere además adoptar nuevos patrones de conducta entre sus trabajadores tanto para sus automóviles como para el día a día de la empresa. Volkswagen quiere animar a todos sus empleados y clientes a que sean más respetuosos con el medio ambiente mediante el método Think Blue.

En el taller de chapistería los mayores derroches energéticos son de electricidad y emisiones (CO₂, partículas, gases, refrigerantes, contaminantes). También son significativos los consumos en agua y los residuos generados tanto en la producción como por los proveedores. Para poder implementar medidas que realmente ayuden en el ahorro energético y la reducción de los impactos, deben analizarse a fondo todos los consumos de las naves y localizar los puntos donde se originen derroches energéticos.

Después de realizar ese estudio se realizará un análisis teórico de varias propuestas directas con el Objetivo Think Blue. Y se estudia si dichas propuestas son factibles y rentables.

3. Introducción a la empresa

3.1. Volkswagen Navarra S.A.

Volkswagen Navarra es una de las 119 fábricas que el Grupo Volkswagen tiene en todo el mundo. Situada en el Polígono Industrial de Landaben, en el polígono municipal de Arazuri, a menos de un kilómetro de los pueblos de Orcoyen, Barañain y a 5,5 km del centro de Pamplona, Navarra. Linda por uno de sus extremos con la autopista A-15 que une Pamplona con Zaragoza en un sentido, y en el otro con San Sebastián. La planta tiene una extensión de 1.600.000 m², con una superficie construida de 302.501 m².

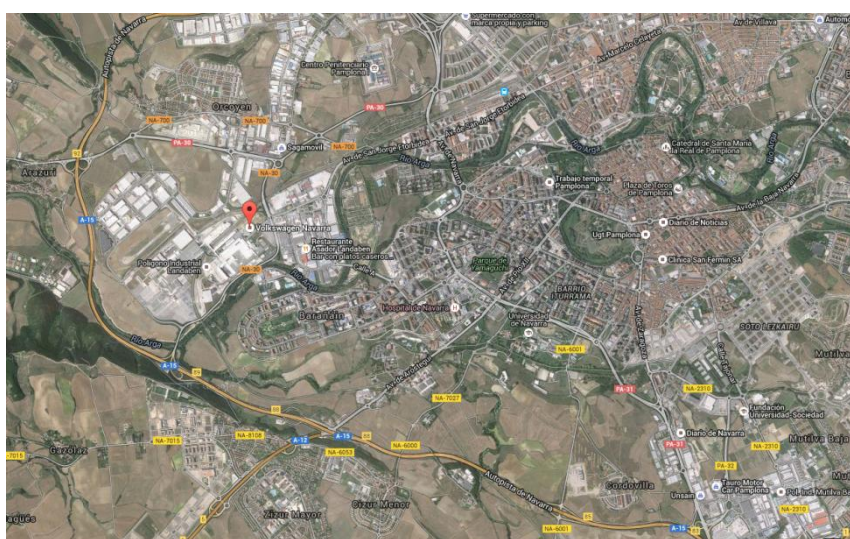


Ilustración 3.1 - Localización de Volkswagen Navarra

En esta empresa se produce el modelo Polo para todo el mundo, de manera ininterrumpida, desde 1984. En 2014 se produjeron 305.700 modelos Polo, con un porcentaje de exportación de un 93%. Estas cifras hacen que Volkswagen Navarra sea líder en producción y exportación en España y fábrica líder dentro del consorcio en la fabricación de este modelo. Además, el Volkswagen Polo es el único coche hecho en España entre los veinte más vendidos del mundo. Volkswagen Navarra tiene unos 4.500 empleados y una capacidad productiva de unos 1.500 coches/día.



Ilustración 3.2 - vista área de la planta

3.2. Grupo Volkswagen

El grupo Volkswagen es líder europeo en el mercado de la automoción y el segundo fabricante a escala mundial. El Grupo está integrado por doce marcas Volkswagen, Seat, Audi, Skoda, Bentley, Buggati, Lamborghini, Porsche, Ducati, Volkswagen Vehículos Comerciales, MAN y Scania. Cada marca mantiene su propio carácter y opera independientemente en el mercado. Todas las marcas del Grupo tienen un objetivo común, producir vehículos atractivos, seguros y respetuosos con el medio ambiente.

La sede del Consorcio se encuentra en Alemania, en la ciudad de Wolfsburg, allí empezó la producción en diciembre del año 1945. Hoy en día el grupo produce más de 350 modelos diferentes y tiene una producción de unos 41.000 coches diarios.



Ilustración 3.3 - Marcas que conforman el grupo Volkswagen

3.3. Historia

Pero la situación de Volkswagen Navarra no siempre ha sido así. Tampoco ha tenido las instalaciones actuales e incluso, ni tan siquiera, ha pertenecido siempre al Grupo Volkswagen.

La historia de la fábrica se inició en 1965 y desde entonces ha tenido tres etapas claramente diferenciadas: AUTHI (1965-1975), SEAT (1975-1983) y Volkswagen (desde 1984), todos los modelos están expuestos en su museo situado en la nave de chapistería. Así pues, debido a su innegable importancia, se expone a continuación un breve resumen de la historia de esta fábrica.

3.3.1. AUTHI (1965-1975)

La actual fábrica de Volkswagen Navarra S.A. tiene su origen en el año 1965 con la creación de la factoría AUTHI en Pamplona y un capital de 20 millones desembolsados por Nueva Montaña Quijano (cuyo presidente era el Marqués de Huidobro) y el Banco de Santander. El socio internacional elegido fue British Motor Corporation (BMS), que aportó las patentes para el producto. De esta manera nació AUTHI (Automóviles de Turismo Hispano Ingleses), como filial de Nueva Montaña Quijano.



*Ilustración 3.4 -
Logo AUTHI*

Las exenciones fiscales, el suelo facilitado por la Diputación Foral de Navarra y su privilegiada situación geográfica son las razones que hacen de la capital navarra el lugar idóneo para el emplazamiento de la fábrica.

El 24 de agosto de 1965 se inicia su construcción sobre más de 466.000 m² adquiridos a la Diputación y el 30 de Septiembre de 1966, sale el primer coche de la fábrica, un Morris 1.100, con una plantilla de 500 personas. El primer director general de AUTHI es el ingeniero industrial catalán José Mir Carbol.

El nacimiento del Morris español se produjo por incorporación de una serie de piezas y conjuntos mecánicos provenientes de diversas fábricas, por ello AUTHI era en Pamplona más una fábrica de montaje que de coches. A finales de año trabajaban en la factoría 1.000 persona con una producción anual de 2.500 coches.



Ilustración 3.5 - Morris 1100

En el año 1967 se empieza a fabricar el MG 1.100, que tuvo una gran aceptación. Y en 1968 se construye el famoso Mini, un coche que querrá llegar al ciudadano español. Durante los primeros años de la década de los 70 se empezaron a fabricar modelos nuevos o nuevas versiones de los ya existentes como el Mini Cooper, el Mini GT, Austin 1.300, Morris 130 o el Mg 1.300.

En el año 1969, British Leyland desembolsa 1.500 millones de pesetas para adquirir el 50% de AUTHI a Nueva Montaña Quijano. La mano de la multinacional inglesa tuvo su primer reflejo en el lanzamiento del Mini 850 en versión popular a comienzos de 1970. Y en agosto de 1973, British Leyland adquiere el 48,3% de las acciones de AUTHI aún en manos de españoles, con lo que pasa a controlar el 98% del capital.

Tras nueve años de producción sale el último modelo de AUTHI, en febrero de 1975, la firma entra en suspensión de pagos y se inicia una regulación de empleo y por fin, el 22 de julio, se firmó en Pamplona la venta de AUTHI a SEAT, por un importe de 1.100 millones de pesetas. Jaime Pañella, director de Producción de SEAT en Barcelona, afirmó en una entrevista que el aspecto más influyente en la decisión de compra había sido “el problema humano que existía”.

3.3.2. SEAT (1976-1983)

El 22 de enero de 1976 salía de la planta de Landaben el primer coche SEAT fabricado en Navarra. Se trataba de un 124 D, color blanco. El objetivo era el de alcanzar la plena capacidad en la línea de montaje con una producción de 200



*Ilustración 3.6 –
Logo Seat 1980*

coches diarios en dos turnos de trabajo.

Durante 1976, se haría efectiva paulatinamente la contratación de la plantilla que seguía en situación de desempleo. Para el año siguiente en febrero ya salía el coche número 25.000, con una plantilla de 1.768 empleados y una producción diaria de 200 vehículos, todos ellos SEAT 124 D.

El objetivo inicial de producción previsto se alcanzó satisfactoriamente. Entre las dos factorías (Pamplona y Barcelona) se llegó, en 1976, a la cifra de 61.500 vehículos del modelo 124. En Landaben, el 22 de febrero de 1977 vio la luz el SEAT número 25.000 de esta planta.

En el año 1979 se amplían al otro lado de la vía del tren las instalaciones de la factoría, por lo que ahora la superficie total de la fábrica pasa a ser de 847.000 m². La inversión total es de casi 15.000 millones de pesetas y el objetivo, lanzar un nuevo modelo, el lujoso Lancia. Era el primer modelo de la marca fuera de Italia por lo que se convirtió en un gran reto y aunque los métodos de fabricación eran muy distintos los resultados no desmerecían. La mayoría de las piezas provenían de Italia, no así el motor.

1980 es un año importante dentro de Landaben. SEAT invierte 15.000 millones de pesetas en la fábrica, y se empieza a preparar el lanzamiento de un nuevo modelo, el Seat Panda. Este modelo se convirtió en un superventas dentro de España, lo que permitió sanear en cierta medida la situación económica de SEAT. Un año más tarde el Panda se consolida como líder indiscutible de ventas.



Ilustración 3.7 - Seat Panda, fabricado en VW Navarra

Es en el año 1982 cuando entra en escena la marca Volkswagen. La multinacional alemana firma a un acuerdo con el gobierno, por el cual se fabricarían en Landaben 90.000 unidades del modelo Polo Derby y 30.000 unidades del modelo Santana en régimen CKD (montaje en España de los componentes totalmente fabricados en Alemania). Esta nueva adaptación supuso una inversión de 10.000 millones de pesetas. Había dos razones de peso para que de la factoría navarra comenzara a salir el Polo: la fácil readaptación de la planta de Landaben y el escaso incremento necesario para alcanzar la capacidad de producción.

3.3.3. Volkswagen (1984- la actualidad)

Febrero del 1984 marca la fecha de inicio de la fabricación del Polo. En junio el Polo se presenta públicamente y es

entregado el primer coche a la Casa de la Misericordia. Al final de año se alcanza una plantilla de 2.009 empleados y



Ilustración 3.8 – Logo Volkswagen 2000

una producción de 30.303 coches de los cuales el 57% tiene como destino la exportación. Al año siguiente se inicia la fabricación del Polo Classic y también los modelos Polo Fox I y II donde se alcanza una capacidad productiva de 400 unidades por turno. La producción del modelo Polo es muy buena desde su comienzo y para finales de 1985 se alcanza la cifra 100.000 de este prototipo.

La planta de Landaben es distinguida con el premio a la Calidad Mundial de Volkswagen Q-86, por el éxito en el lanzamiento del modelo Polo. Viendo los resultados se estudia la inversión de 100.000 millones durante 10 años, con el fin de duplicar la producción y llegar a las 1.200 unidades diarias, donde aumenta hasta un 75% la producción destinada a la exportación.

En 1988 se inicia la fabricación del Polo Coupé y SEAT-Volkswagen presenta su Plan Industrial (1989-1998), en donde se incluye el nacimiento de un nuevo modelo. Al año siguiente la empresa presenta ante el Gobierno de Navarra sus planes de inversión y creación de empleo para Landaben, que incluyen la adquisición de un millón más de metros cuadrados. En el mes de Mayo se inicia la implantación del sistema JIT (Just In Time - Justo a tiempo) para el envío secuenciado de asientos.

En mayo de 1991 se fabrica el último Polo Classic, y pronto se comienza con la producción del A02. La plantilla supera las 4.500 personas y la capacidad de producción es de 1.000 coches/día. En el año 1993 debido a una crisis del sector en Europa se pasa de una producción de 1.070 coches/día a 760 coches/día, eliminándose así el turno de noche.

El 23 de diciembre se crea la Fabrica Navarra de Automóviles S.A. y Volkswagen adquiere el 100% de dichas acciones convirtiéndose así la factoría en una marca filial de Volkswagen. En mayo de 1994 cesa la producción del A02 y en solo 15 días comienza la producción del A03.. Y el 28 de diciembre la empresa cambia oficialmente de nombre y pasa a llamarse Volkswagen Navarra, S.A.

En el año 1996 el Gobierno de Navarra concede a Volkswagen Navarra el galardón de Empresa patrocinadora más destacada en 1996 y en Europa es considerado el Polo por las revistas especializadas como el mejor automóvil del año en su categoría.

En los sucesivos años, se van creando las nuevas instalaciones, como la nave de Prensas y una ampliación de Chapistería. Así, en 1996, la extensión de la fábrica alcanza un total de 1.600.000 m²; de ellos, 258.000 m² corresponden a superficie cubierta.

En 1998 se alcanza la cifra récord hasta el momento de producción anual de vehículos, 311.136 unidades de Volkswagen Polo. Y ese mismo año se llega a la cifra de 2.500.000 de Polos producidos en Landaben.

En 1999 se estrena la nueva nave de Pintura, un edificio tecnológico al ser totalmente estanco. También se inaugura el parque Polo, un espacio infantil dedicado a la educación.

En 2001 se comenzó la fabricación del modelo Polo A04, coche que se presentó en el salón de Frankfurt el fatídico día 11 de septiembre. En este año se invirtió la tendencia en cuanto a niveles de producción, y comenzó un descenso continuado en el número de coches que se fabricarían en los próximos años.

El año 2002 estuvo marcado por la confirmación de la tendencia ya apuntada en el año 2001 de un descenso de la demanda en el mercado europeo de automóviles, lo que conllevó un descenso en los volúmenes de producción planificados para la planta de Pamplona para los años siguientes.

El año 2004 fue un gran año para Volkswagen Navarra ya que se alcanzó, en gran medida, los objetivos establecidos (calidad, productividad, rentabilidad, etc. El día 20 de septiembre salió de la cadena de montaje el Polo 4.000.000 fabricado de dicho modelo en la factoría, lo que viene a representar que a esta fecha prácticamente la mitad de los Polos que desde el año 1975 se vienen fabricando en distintos países, se han producido en la planta de Volkswagen Navarra.

En el año 2006 se celebró el 40 Aniversario desde que esta planta navarra comenzara la fabricación de los primeros automóviles. A finales de 2006 se conoció la renovación de la mitad del Comité Ejecutivo, al producirse la prejubilación de sus tres miembros más antiguos. El Director General José Luis Erro dio paso a su sustituto Emilio Sáenz, proveniente de la planta de Autoeuropa en Portugal.

Actualmente en el años 2016, la fábrica celebra, su 50 Aniversario y los cuarenta años del Polo, en la dirección de la fábrica sigue Emilio Sáenz con gran experiencia en la dirección prepara la fábrica para el nuevo modelo que verá la luz en el 2017 y se acaba de firmar el acuerdo para la fabricación de un segundo modelo sub, el Volkswagen T-Cross. Todo pinta a un futuro prometedor de la factoría en los próximos años.



Ilustración 3.9 - El logo conmemorativo de los 50 años de la planta.

3.4. Breve historia del Volkswagen Polo

El Polo lleva más de 25 años siendo una referencia en su segmento del mercado. Más de 7.000.000 de unidades producidas en la planta de Volkswagen Navarra y otras tres fábricas repartidas por el mundo (Rusia, India y Sudáfrica) revelan su evolucionada tecnológica y el grado de desarrollo de un modelo caracterizado por su confortabilidad y su funcionalidad.

3.4.1. Modelo A01

El primer modelo Polo fue presentado al público en Hannover en Marzo de 1975. Se trataba de un coche con espacio suficiente para cuatro pasajeros adultos, con un amplio portón trasero equipado con tracción delantera y alto grado de seguridad, activa y pasiva. El primer Polo incorporaba un nivel de equipamiento sencillo para conseguir un precio de venta muy ajustado, perfecto para la gente joven. En enero de 1977 se lanzó la versión con carrocería de tres volúmenes, pensada para mercados en los que existía una gran demanda de berlinas pequeñas con maletero, como es el español.

En mayo de 1979, solo cuatro años después de su lanzamiento comercial, se habían construido las primeras 500.000 unidades.

3.4.2. Modelo A02

En 1981 aparece la segunda generación (a partir de 1984 se empieza a fabricar en Landaben), que difería de forma sensible del resto de sus competidores. En 1986 se lanzó el Polo Coupé, y unos años después, en 1986, se presentaba el Coupé G40 con una velocidad máxima de casi 200 km/h, con motor de 115 CV y un compresor G.



Ilustración 3.10 - VW Polo A02

3.4.3. Modelo A03

En 1994 Volkswagen presentó un Polo con un aspecto totalmente renovado que marca la tendencia futura: los compactos crecen de tamaño y ofrecen más confort y seguridad para competir con coches de segmentos superiores.



Ilustración 3.11 - VW Polo A03

Modelo A03 GP

El Polo había alcanzado las 6.233.000 unidades fabricadas cuando el restyling del A03 se presentó en el Salón del Automóvil de Frankfurt de 1999. Poseía un nuevo

diseño de la parte frontal y la zona posterior, una carrocería totalmente galvanizada y una serie de modificaciones en el interior que lo acercaban al Golf.

3.4.4. Modelo A04

Más espacioso, más seguro, más confortable, con más calidad y más personalidad. Así fue definido el nuevo Polo A04, estrella del Consorcio Volkswagen, en la cincuenta y nueve edición de la Feria I.A.A. de



Ilustración 3.12 - VW Polo A04

Frankfurt de 2001.

Este nuevo modelo ofrece una amplia selección entre siete motores, catorce colores, cuatro líneas de equipamiento, dos versiones de transmisión y dos variantes de carrocería. Su tamaño, más compacto y elegante lo acerca al Volkswagen Golf. Como novedades, mayores dimensiones que los modelos anteriores y la chapa cubierta por una película de bonazinc, garantiza durante doce años la resistencia de la carrocería frente a la corrosión.

3.4.5. Modelo A05

El Polo A05, más joven y deportivo, ha dado un gran salto hacia delante en los ámbitos de confort, calidad y seguridad: el Polo es el primer automóvil del mundo diseñado para alcanzar la puntuación máxima de 5 estrellas en el Test de Colisión EuroNCAP, cuyo nuevo sistema de calificaciones es mucho más extenso y severo.

Algunos rasgos distintivos de la silueta del nuevo Polo son el deportivo voladizo delantero, y el extremadamente corto voladizo trasero, el marcado de las líneas y el bajo techo que cae marcadamente hacia atrás.

Una de las características más destacadas es su fácil manejo y que su ergonomía se adapta siempre de forma eficaz a la complejidad de los conductores y los pasajeros. El habitáculo ha sido rediseñado completamente y el chasis se ha incrementado en 30 mm, consiguiendo un aumento en la dinámica de la conducción.



Ilustración 3.13 - VW Polo A05 GT

El peso de la carrocería del Polo ha disminuido en un 7,5%. Gracias a la entrada en escena de los nuevos motores TDI y TSI, equipados con el cambio automático de doble embrague (DSG) de 7 velocidades.

El nuevo Polo podrá ser equipado durante el primer año de comercialización con un total de siete motores, cuatro de gasolina y tres diésel, con potencias que van desde 44 kW (60 CV) a 77 kW (105 CV).

3.5. Proceso de Producción de Volkswagen Navarra

La fabricación de un vehículo es un proceso complejo en el que se unen multitud de piezas diferentes. El proceso productivo de Landaben, así como la mayoría de los fabricantes de automoción, es en cadena. El producto se va desplazando y va ganando valor, en los distintos procesos de fabricación, para el correcto funcionamiento de la fábrica y garantizar mayor calidad en el producto, es importante que todos los procesos estén sincronizados y bien comunicados. La coordinación entre los distintos departamentos y procesos es esencial para el correcto funcionamiento de la fábrica.

La herramienta empleada para conseguir el objetivo final de este sistema consiste en la realización sistemática de procesos de mejora continua, Work-shops, para aumentar el valor en cada puesto y eliminar los diferentes tipos de derroche, considerando derroche a todo aquel proceso que no aporta valor al producto en su proceso de fabricación. Los cuatro principios básicos que sustentan el sistema son el tacto, el flujo, el pull y la perfección.

A continuación, se expone los procesos de fabricación que se deben de llevar a cabo para la fabricación del Polo. Se hará una descripción de las instalaciones y de los procesos por los que debe pasar el automóvil en su proceso de fabricación. En esta imagen se muestra el Lay Out de la fábrica, situada en el polígono de Landaben y un esquema de los pasos para la fabricación del modelo de Volkswagen.

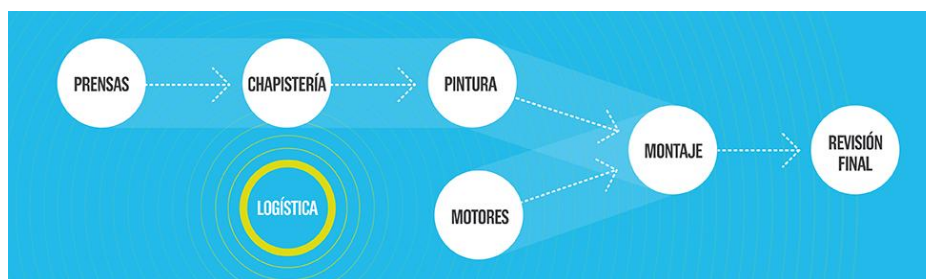


Ilustración 3.14 - Proceso de fabricación VW Navarra

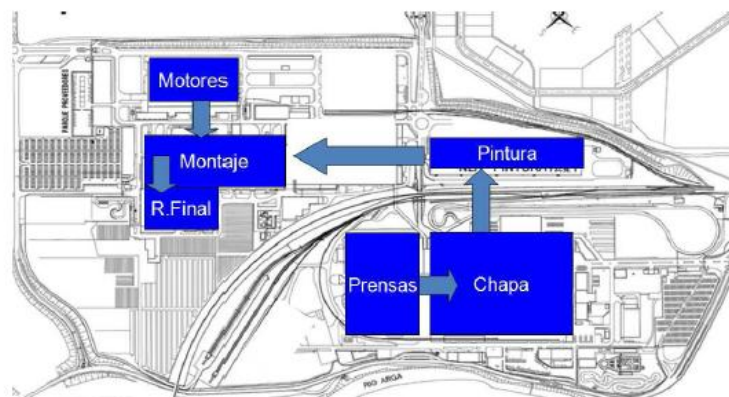


Ilustración 3.15 - Lay Out de VW Navarra

3.5.1. Prensas

El proceso de fabricación tiene comienzo en Prensas, donde se les da forma a las chapas de las distintas partes de la carrocería del coche. Desde aquí ya vienen las piezas condicionadas por la decisión del cliente final, ya que, el modelo actual el A05 tiene varias opciones de personalización en cuanto a diseño de carrocería, dos o tres puertas o techo abatible o no abatible.

El taller de chapa está constituido por máquinas de gran envergadura que se encargan de moldear los desarrollos de chapa y convertirlos en piezas que darán la estructura a la carrocería. No todas las piezas del Polo están fabricadas en la planta, sino que algunas están desarrolladas por proveedores externos a la planta que se adaptan al sistema de trabajo Just in Time de la planta. Aun así las piezas de mayores dimensiones y claves para la producción del modelo se realizan en la misma planta.

El taller de presas cuenta con tres prensas, dos prensas GT y la prensa Erfurt. Las tres prensas son de la marca Muller Weingt y cuentan con seis estaciones de estampación. Las prensas GT realizan una fuerza de prensado de 38.000 kN cada una, la Erfurt posee una fuerza mayor de 81.000 kN. Con ella se estampan piezas de gran volumen, como laterales, techo y aletas.

La herramienta más importante del taller es el troquel, ya que es la encargada de embutir, cortar, realizar el punzado y conformar los desarrollos hasta configurar la pieza definitiva. Mediante 24 juegos se producen 29 piezas diferentes sumando un total de 137 troqueles. Destacar de este proceso la rapidez con la que se puede realizar el cambio de troquel, ronda los 7 minutos. Antiguamente esta operación requería unas 8 o 10 horas. Sin duda un importante avance que supone un considerable ahorro y la eliminación de stocks, repercutiendo directamente en la mejora de la calidad del producto.

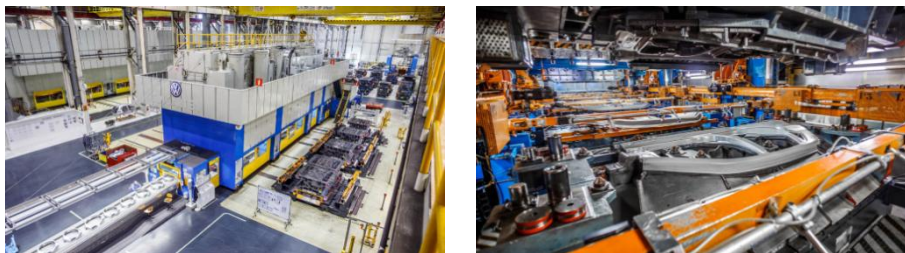


Ilustración 3.16 - Fotografías del taller de Prensas

Destacar también los tratamientos de lubricación y limpieza que se les da a las piezas antes de pasar por la prensa para que esta no agriete ni parta la pieza en el golpe. Una vez realizada la pieza, se retira esta de la prensa y se deposita en la cinta de salida donde, se encargan de transportarla hasta la nave de chapa, donde se conformara la carrocería.

3.5.2. Chapistería

El proyecto se realiza en la nave de chapa por lo que más adelante se realiza una explicación detallada de este taller. El taller de Chapistería es el encargado de realizar la unión de todas las piezas de la carrocería, que se trasladarán seguido al taller de pintura.

La nave de chapistería está dividida en dos fábricas, la fábrica 1, en la cual se realizan los modelos de 4 y 2 puertas, y la fábrica 2 que tan solo realiza el modelo de 4 puertas. Estas fábricas a su vez se encuentran subdivididas en instalaciones encargadas de la elaboración de las distintas uniones en cada parte del automóvil,

Este taller destaca por su alto nivel de automatización, en torno al 95%, y por la diversidad y complejidad de la tecnología existente. Más de 620 robots se ocupan de soldar y ensamblar partes de las carrocerías con aproximadamente 4.150 puntos de soldadura, un 11% más que el modelo anterior.

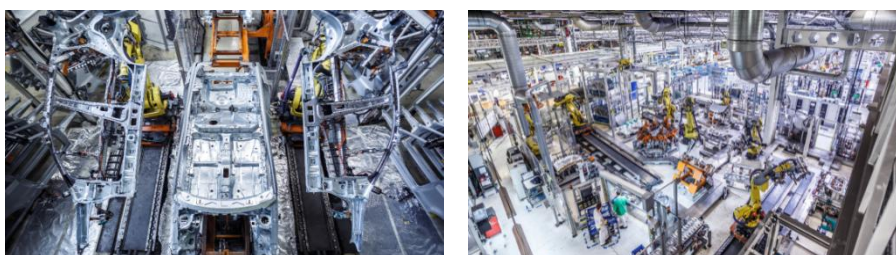


Ilustración 3.17 - Fotografías del taller de Chapistería

3.5.3. Pintura

Pintura es la instalación que más ha evolucionado en estos últimos años, pasando de hacerse todo el proceso en una sola nave a las tres naves que se utilizan hoy en

día. El proceso de pintado de una carrocería es uno de los más complejos y delicados en la producción de un automóvil.

La nave 2C es la primera nave que recorre la carrocería, se le aportan dos tratamientos TTS y KTL. El tratamiento TTS, consiste en varios procesos de limpieza química y una fosfatación. Los tratamientos de limpieza química consisten en etapas de lavado, desengrase, activado, fosfatado, pasivado, lavado con agua desmineralizada y rotación en vacío, para eliminar cualquier resto de líquido en procesos anteriores.

Seguido recibe el tratamiento de KTL, la cataforesis, que se encarga de proteger la carrocería frente a la corrosión y preparar su superficie para el posterior proceso de pintura, recibe un baño de cataforesis, un lavado y un horno. De aquí parte hacia la segunda nave de pintura, la nave 2AB.



Ilustración 3.18 – Tratamientos de limpieza, fosfatación y cataforesis

El primer tratamiento que recibe en la nave es la aplicación de masillas, gruesa y fina, cuya función es la protección contra la corrosión, la impermeabilización e insonorización y protección de las taloneras de las carrocerías. Antes de las cabinas de pintado, pasarán por un horno y por un proceso de lijado.

Las cabinas de pintado son conocidas como las cabinas de laca. El objetivo de estas cabinas es el proteger la carrocería frente agentes externos, dar color y aspecto y prepara la superficie para superficies exteriores. Los componentes principales de las pinturas son los ligantes o resinas, los pigmentos, los disolventes y los aditivos.

Existen varias estaciones en este proceso de pintura, las estaciones 1 y 2 son complementarias, ambas son las encargadas de realizar el pintado interior para ellos constan de scaras y manipuladores encargados de realizar la apertura de las puertas capo y portón.

El pintado exterior se realiza en la estación 3, consiste en la aplicación exterior de una base utilizando cargas eléctricas en el proceso. La estación consta de cuatro robots que generan, cada uno de ellos, su propio campo eléctrico y consiguen la carga eléctrica de pintura. La estación 4 consiste en la aplicación de una pintura sin catalizador en carrocerías con colores metalizados. Seguido pasa por las estaciones ECOMOAC y la estación de limpieza de códigos.



Ilustración 3.19 - Aplicación de base y barniz

Antes de pasar a la siguiente nave la carrocería pasa por un horno de secado, la estación Paint Checker, donde se realizan mediciones de espesor y las estaciones CC1, CC2 y CC3 para la aplicación de barniz. Por último pasa por una estación de repaso del barniz y por un horno de lacas, de donde partirá hacia la nave 2.

En la nave 2 se realiza el pegado del techo, cuya función es evitar vibraciones. Seguido se aplica cera y se pasa la carrocería por los hornos de atemperamiento, para dirigirse hacia motores y montaje.

3.5.4. Motores

En el taller de motores se divide en tres áreas fundamentales: La línea de montaje del motor y los bancos de rodaje, la zona de montaje del conjunto moto propulsor y conjunto mecánico y por último, las dos líneas de guarnecido de puertas.

La función de las dos primeras áreas del taller es pues suministrar el macro conjunto mecánico del vehículo, de acuerdo a la secuencia de fabricación, a su cliente, el taller de Montaje, donde se unirá finalmente la carrocería y la línea Fahrwerk. El macro conjunto se compone de motor y caja de cambios.

La línea de Montaje Motor tiene capacidad para producir 1.750 motores diarios en tres turnos. Existe también un almacén secuenciador que trabaja de acuerdo al sistema FIFO, el primero en entrar en el almacén es el primero en salir. La capacidad de este almacén es de 375 unidades.

Posteriormente se le añaden elementos de la caja de cambios, el motor de arranque, etc. Una vez completo, el macro conjunto mecánica es conducido a la línea de montaje.

Por otro lado, las puertas son desmontadas a la entrada de la carrocería en Montaje y enviadas al área de Guarnecido de puertas del taller de Motores. Aquí se completan y se devuelven después otra vez a Montaje, donde se ensamblan definitivamente al vehículo al que pertenecen. Existen dos líneas, con una capacidad de producción de 1.250 y 420 conjuntos.

3.5.5. Montaje

La labor de este taller es completar totalmente el vehículo, añadiendo a la carrocería ya pintada los restantes componentes, tanto exteriores como interiores, que el cliente ha elegido en su pedido. El montaje se lleva a cabo en dos líneas independientes. La capacidad del taller es de 1.559 diarios en tres turnos y se trata del taller con mayor número de operarios.

El montaje se estructura en cuatro tramos paralelos, por los que el vehículo se traslada suspendido en un pulpo tradicional que discurre a lo largo de una cadena mecánica. Cuando llega al tramo cuatro, y una vez colocadas las ruedas, la carrocería abandona el sistema para ser trasladada por suelo.

El taller de montaje es un escenario clave en la producción del Polo. Los cambios de abastecimiento de material han mejorado gracias a la nueva filosofía de organización del trabajo. Con ello se han eliminado los desplazamientos, los tiempos muertos y se ha aumentado la secuenciación. Estas modificaciones suponen un desarrollo en los puestos de trabajo, que además han sido optimizados para mejorar la ergonomía de los empleados.

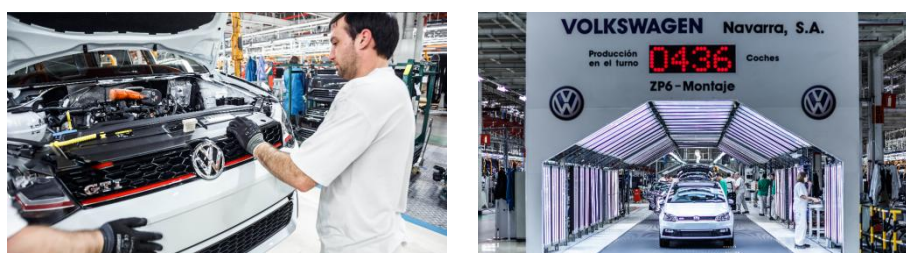


Ilustración 3.20 - Fotografías del taller de Montaje

3.5.6. Revisión final:

Los coches ya acabados están listos para someterse a las pruebas finales. Revisión final es el último taller del proceso productivo y complementa la labor del taller de Montaje realizado la comprobación y los ajustes necesarios para que el coche reciba el visto bueno final. Cada uno de los vehículos fabricados en Volkswagen Navarra pasa por este taller antes de su entrega al cliente para comprobar y verificar el correcto funcionamiento de sus elementos eléctricos y mecánicos.

La nave está dividida en dos zonas de trabajo, en la primera de ellas se hacen diferentes pruebas y ajustes de los componentes del vehículo, y en la segunda se llevan a cabo retoques de posibles anomalías. Finalmente se lleva el coche a la línea de Revisión Final, donde se realiza el examen global, y a continuación, se le da una capa de cera de protección para su transporte.



Ilustración 3.21 - Prueba de convergencia y lluvia

3.6. Taller de Chapistería

En el taller de Chapistería tiene lugar la unión de las diferentes piezas de chapa procedentes de Prensas y otros proveedores externos para conformar del coche, tal y como se vio en el subapartado anterior.

El taller de chapa consta de dos fábricas simétricas con una producción diaria de cada una de ellas de 775 piezas. Estas fábricas a su vez se dividen en dos talleres, el taller 1 y el taller 1B. El taller 1 realiza la unión y da la estructura al vehículo sin los elementos móviles y en el taller 1B, se encuentra la línea Finish donde se unen los elementos móviles y se prepara la carrocería para dirigirse a Pintura.

La actividad llevada a cabo en Chapistería se caracteriza por su alto grado de automatización, en torno al 95%, 439 robots (taller 1) y 95 (taller 1B). Los equipos más empleados en el taller de Chapistería son los manipuladores, las bridas de sujeción de las distintas mesas, las pinzas de soldadura, los equipos de masillas y las embutidoras. Todas ellas se encargan de dar valor al producto, por otra lado tenemos estaciones de mantenimiento como las fresadoras de electrodos o las mesas de apoyo de los brazos o herramientas. Además y de forma general para todo el taller, en la línea 1 se producen carrocerías de 2 y 4 puertas mientras que en la línea 2 sólo carrocerías de 4 puertas.



Ilustración 3.22 - Lay out del taller de Chapistería

El proceso de fabricación de la carrocería sigue un esquema lógico de abajo a arriba y de dentro a fuera. Los grupos de fabricación o instalaciones son puestos de trabajo en los que se introducen las piezas o subconjuntos que posteriormente son ya manejados exclusivamente por los robots manipuladores o los sistemas de transporte de la propia instalación.

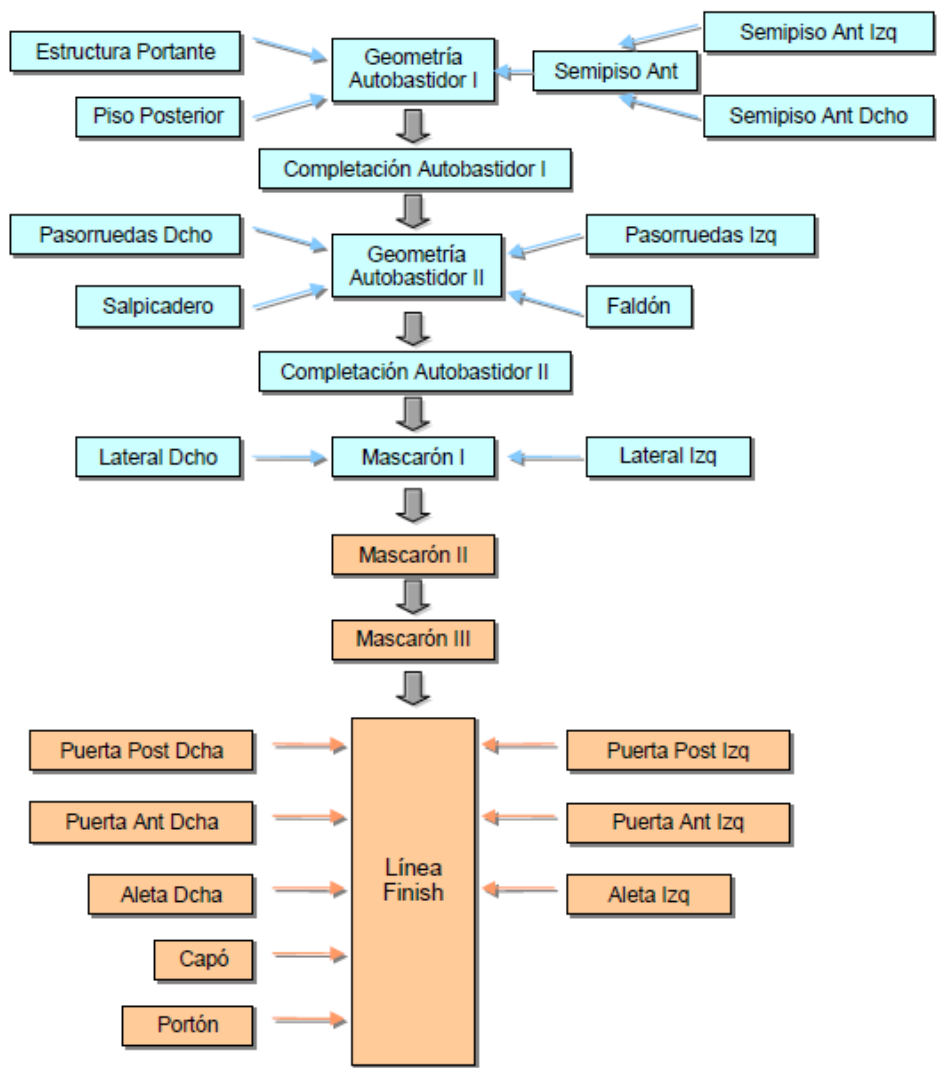


Ilustración 3.23 - Proceso de fabricación Chapistería

La elaboración del Polo comienza con la confección del autobastidor, esta es la estructura auto-portante. El chasis, por tanto, está integrado en la carrocería. El proceso comienza formando en la estación de geometría 1 del autobastidor, aquí se unen las piezas de piso anterior izquierdo y derecho, el piso anterior, los largueros y los tubos.

Posteriormente pasa por la primera estación de complementación del autobastidor para llegar a la segunda estación de geometría donde se le añaden el faldón, los pasos de ruedas y el salpicadero, que forman el denominado autobastidor 2. En el larguero además se le coloca una placa con un código de barras que identifica esta carrocería, donde se especifica sus características y determina su posición en el proceso de fabricación. Cuando sale del autobastidor dos, pasa por una estación de complementación de puntos de soldadura, pernos y soldadura MIG y MAG. Ahora mediante transporte aéreo se alcanza la primera estación del mascarón.

En la primera estación del mascarón, la estación de geometría, se colocan los laterales, que han sido previamente producidos en otras instalaciones, y se inicia así la fabricación del denominado conjunto mascarón. Ya con los laterales montados, se le colocan las cimbras del techo, para pasar, a continuación, a una estación de geometría con siete robots. Posteriormente, se coloca el techo y se realiza la unión mediante soldadura láser con aportación de material. Esta unión láser es de vital importancia para la marca, ya que es una de las características de la marca.

De la cabina láser se hace pasar la carrocería por las lijadoras del cordón laser y una estación de revisión de la soldadura realizada. De aquí cruza la estación de mascarón dos donde se realizan una complementación de puntos. También pasa la estación tres donde se realizan cordones de soldadura MIG y MAG y se realizan revisiones de todos los cordones realizados. De aquí ya mediante transporte aéreo de nuevo se transporta la carrocería a la línea Finish donde se añadirán nuevos elementos.

En la línea Finish se le añaden mediante operarios, los elementos móviles de la carrocería, las puertas posteriores y anteriores, el portón y el capo. Cada uno de ellos consta de una instalación donde se desarrolla la unión de las distintas chapas que conforman las piezas, con sus refuerzos y pernos. La línea Finish termina con una revisión final donde se realiza la revisión de todos los elementos del vehículo.

3.7. Think Blue

La estrategia Think Blue quiere además adoptar nuevos patrones de conducta entre sus trabajadores tanto para sus automóviles como para el día a día de la empresa. El año 2015, se ha reducido el 13% el consumo de energía y el 51,6% la generación de residuos no recuperables en los procesos de fabricación desde 2010.

Think Blue distingue los principales consumos energéticos y realiza mediciones de cada uno de ellos para conseguir identificar, estudiar e implementar medidas de ahorro y así cumplir con los objetivos marcados por la marca en el 2010. Desde ese año, se han implantado 325 medidas concretas de ahorro en la fábrica, bien a través de mejoras introducidas en los procesos de producción ya existentes o bien con funcionamientos incorporados al día a día, 59 medidas se han implantado en el taller de chapistería. Los principales consumos son eléctricos, de agua, gases o aire comprimido.



Ilustración 3.24 - Objetivo Think Blue de la fábrica para el año 2018, con los indicadores

En el taller de chapistería los mayores derroches energéticos son de electricidad y emisiones (CO₂, partículas, gases, refrigerantes, contaminantes). También son significativos los consumos en agua y los residuos generados tanto en la producción como por los proveedores. Para poder implementar medidas que realmente ayuden en el ahorro energético y la reducción de los impactos, deben analizarse a fondo todos los consumos de las naves y localizar los puntos donde se originen derroches energéticos. Desde el departamento de chapistería se buscan implementar medidas que ahorren consumos de energía innecesarios, siempre garantizando la calidad del producto final.

La estrategia Think Blue Factory es uno de los pilares del programa estratégico de la marca Volkswagen y cuenta con 27 fábricas adheridas a sus objetivos. De todas las plantas de fabricación de vehículos, Volkswagen Navarra es la que menos consume actualmente por vehículo fabricado y la que menos CO₂ emite a la atmósfera por unidad, siendo referente dentro del Grupo en ambos indicadores. Además, es la segunda fábrica que menos energía consume por vehículo, la cuarta que menos disolventes emite y la sexta que menos residuos no recuperables produce en la fabricación de un vehículo.

Desde Volkswagen Navarra S.A., se realizan reuniones de energía que tiene lugar en las oficinas de mantenimiento central en las cuales se reúnen los responsables de energía de los principales departamento para analizar, proponer y ejecutar decisiones semanalmente con el objetivo de reducir consumos en la planta. Además se establecen unos objetivos ambiciosos de consumos en turnos de producción y periodos de parada. Por último se realiza una auditoria anual que revisa las medidas implantadas por cada departamento y audita los gastos que Volkswagen reparte entre los distintos departamentos para la estrategia Think Blue.

Por la fábrica podemos encontrar distintos pictogramas que buscan persuadir en los trabajadores en la importancia del ahorro energético. En la nueva nave de pintura, situada en el centro de la planta, se encuentra dibujado el logotipo Think Blue en grandes dimensiones con este objetivo.



Ilustración 3.25 - Logos Think Blue en las naves de 2C de Pintura

4. Aire comprimido en Chapistería

El aire comprimido no es una forma de energía propiamente dicha, no obstante, el aire atmosférico, una vez comprimido, se convierte en un medio seguro y de gran versatilidad para almacenar, transportar y transmitir energía.

4.1. Estudio teórico

Se realiza un estudio teórico con los conceptos teóricos básicos del aire comprimido industrial de hoy en día. El objetivo de este es comprender el comportamiento de este tipo de instalaciones y poder aplicar en la práctica los conceptos analizados. Se hace un estudio detallado desde la compresión hasta el consumo de esta forma de energía.

4.1.1. Estados de la materia

El átomo es la partícula más pequeña de una sustancia químicamente uniforme. Está compuesto de un núcleo, compuesto por protones y neutrones, y las órbitas de electrones. Los elementos deben sus propiedades químicas a las órbitas de los electrones. Las moléculas es la partícula más pequeña de un compuesto químico. Consta de átomos de elementos unidos por un enlace químico.

Cuando las moléculas están muy próximas entre sí y ordenadas regularmente, se considera que están en estado sólido, formando sistemas conocidos como red espacial, donde las fuerzas de atracción son muy fuertes. Los cuerpos sólidos tienen un volumen constante y forma propia. Las moléculas no poseen libertad de movimiento, solo vibran en torno a su posición central de equilibrio.

En el estado líquido, las moléculas están tan próximas entre sí como en el caso de los sólidos pero no están dispuestas en red, están distribuidas sin orden alguno. Las fuerzas de atracción entre las moléculas no son tan fuertes como en el estado sólido. Consecuentemente gozan de mayor movilidad unas con respecto a otras, permitiendo adoptar las formas del recipiente que contienen, mantener el volumen constante y formar una superficie horizontal por la acción de la gravedad.

Las moléculas en estado gaseoso, están más separadas, se encuentran en continuo movimiento en todas direcciones y las fuerzas de atracción entre ellas son débiles. Como consecuencia, el gas no tiene volumen definido, se expande a través del espacio y se mezcla con suma facilidad con otros gases que pudieran estar presentes.

Cuando un gas se encuentra en un espacio limitado, los choques producidos por las moléculas dan lugar a la presión, que es función de la superficie sobre la que se producen dichos choques. Como las moléculas se mueven aleatoriamente en todas las direcciones, la presión es igual en todos los puntos de la superficie del espacio limitado.

El volumen total de las moléculas de un gas es muy pequeño en relación con el volumen total que ocupa, por tanto, puede comprimirse a un volumen muy pequeño con respecto al inicial. Al disminuir el volumen, las moléculas se juntan más, el número de choques es mayor y por tanto se incrementa la presión, aumentando al mismo tiempo la densidad.

Al aumentar la temperatura crece la agitación molecular y la energía cinética se incrementa positivamente como consecuencia del aumento de la velocidad del desplazamiento de las moléculas. Los choques son más frecuentes y por tanto, se produce un aumento de presión sin variar la densidad, o del volumen disminuyendo la densidad. Al disminuir la temperatura se produce el efecto contrario.

4.1.2. La atmósfera

El aire es un gas incoloro, inodoro e insípido. Está constituido por una mezcla de gases, principalmente nitrógeno (75,5%), oxígeno (23%), argón (1,2%) y otra serie de gases como el neón. Helio, criptón, xenón, metano u ozono, entre otros.

La composición de aire permanece constante, por lo menos hasta 20 km de altitud. El aire atmosférico siempre contiene vapor de agua, en una proporción variable de un 4% máximo, hasta unos 10 km de altura. Por otra parte, contiene partículas sólidas como polvo, hollín y cristales diferentes.

La presión atmosférica es la fuerza ejercida a nivel del mar sobre una superficie de 1 cm². Esta fuerza es aproximadamente de unos 10,13 N, por tanto, la denominada presión atmosférica absoluta será de 1,013 bares, como muestra el siguiente cálculo:

$$10,13 * 10^4 \text{ N} / 10^{-4} \text{ m}^2 = 1,013 \text{ bar} = 760 \text{ mm. Hg}$$

A efectos prácticos, la unidad más común para medir la presión es el bar, se puede considerar por tanto como referencia la presión a nivel del mar como 1 bar.

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 1,019 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 750,1 \text{ mm. Hg} = 14,5 \text{ PSI}$$

Los elementos empleados para la medición de la presión atmosférica son los barómetros. En su posición de equilibrio, indican el peso de la columna de aire de la misma superficie expresado en unidades normalizadas.

4.1.3. Las leyes de los gases:

Las principales ecuaciones de los gases se recogen en la siguiente tabla.

Ley de....	Ecuación	Condiciones
Boile	$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = cte$	A temperatura constantes
Charles	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = cte$	A presiones constantes
Amonton	$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = cte$	A volumen constante
Dalton	$P_{TOTAL} = \sum_{i=1}^{i=n} P_i$	La presión total es la suma de las presiones parciales, entendido esta como la presión que ejerce cada gas en un volumen específico.
Avogadro	En un volumen determinado de cualquier gas en las mismas condiciones de presión y temperatura, existe el mismo número de moléculas.	
Boile y Charles (Combinado)	$\frac{P \cdot V}{T} = cte$	

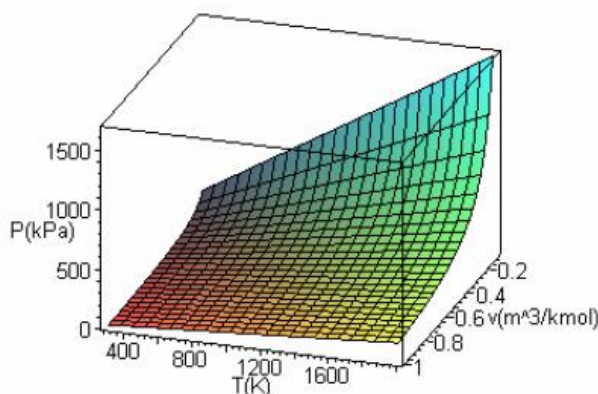
Tabla 4.1 - Leyes de gases ideales

4.1.4. Comportamiento de los gases ideales

Es un hecho experimental que para sustancias simples compresibles, como el aire, la relación $P\gamma/T$, se aproxima a un valor fijo a bajas presiones:

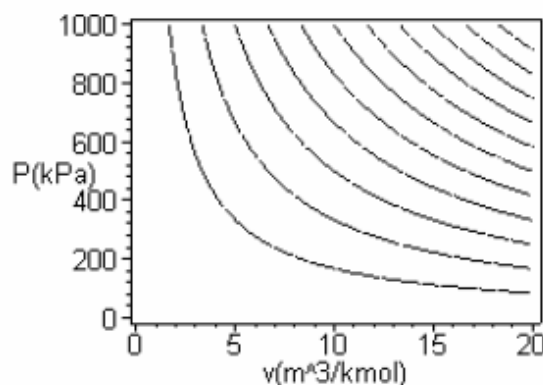
$$\lim_{P \rightarrow 0} \frac{P\gamma}{T} = \lim_{\rho \rightarrow 0} \frac{P}{\rho T} = \lim_{\gamma \rightarrow 0} \frac{P\gamma}{T} = R \quad \left[\frac{J}{kgK} \right]$$

Se ha comprobado que, si se expresan la presión y la temperatura divididas por la presión crítica y la temperatura crítica, el comportamiento de todos los gases reales es prácticamente idéntico, sin pequeñas diferencias.



Gráfica 4.1 - Superficie P - v - T de un gas ideal

Las líneas rectas dibujadas son isobaras, se trata de una superficie reglada. Si proyectamos la vista de la cara derecha de dicha gráfica, representado presión por volumen. Obtenemos la siguiente gráfica con las isobaras.

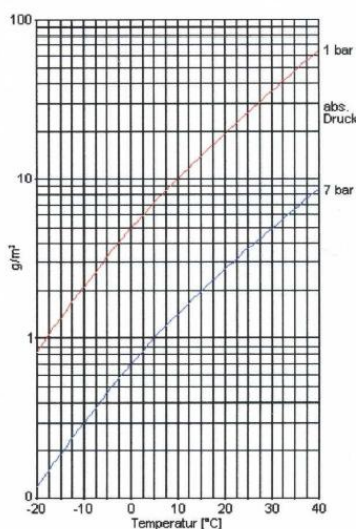


Gráfica 4.2 - Diagrama P - v en gases ideales, con líneas isotermas

En estas dos últimas gráficas se refleja el comportamiento de los gases, se observa que con el aumento de presión, aumenta la densidad, y que el aumento de temperatura genera también un aumento de la densidad. Por lo tanto se cumplen las relaciones de gases ideales, explicadas en el punto anterior.

Otro factor importante en el aire comprimido es la capacidad de almacenar cierta cantidad de agua en estado gaseoso. La cantidad depende de la temperatura y de la presión del ambiente.

Si se enfría el aire a una presión fija, a partir de una cierta temperatura rebasa el grado de saturación y el agua comienza a condensarse. A esta temperatura se le da el nombre de punto de rocío.



Gráfica 4.3 - Diagrama de curvas del punto de rocío del aire

4.1.5. Aire comprimido

Para entender mejor el funcionamiento del aire comprimido es importante saber distinguir entre las distintas presiones. La presión efectiva o manométrica, indica la diferencia de presión que existe entre el interior de un recipiente, en el que se realiza la lectura, y la presión atmosférica exterior. La presión absoluta es la suma de ambas. Para el cálculo teórico se emplea siempre la presión absoluta, no así para el práctico que comúnmente se emplea la presión manométrica o efectiva.

Para la medición de las presiones efectivas se emplea el manómetro.

El aire comprimido se emplea principalmente de tres formas:

- Crear movimientos de rotación: Herramientas rotativas, motores, cabéstrales, etc.
- Crear movimientos lineales: Herramientas de percusión, cilindros neumáticos, etc.
- Directamente: Pistolas de pulverización, chorro de arena, agitación y fluidificación, transporte neumático, medio ambiente, usos hospitalarios, etc.

Existen otros sistemas, pero el aire comprimido presenta unas ventajas reales dignas de ser estudiadas y tenidas en cuenta. Ya que el aire comprimido ofrece seguridad, con un diseño fiable y fácil de manejar suministrando un alto rendimiento. Hay gran cantidad de trabajos o aplicaciones que solo puede ser efectuadas con aire comprimido.

La característica más importante del aire comprimido es el punto de Rocío, se trata de la temperatura del aire comprimido a la cual empieza a condensarse en forma de gota de vapor de agua que estaba saturado. Es un parámetro de gran importancia a la hora de diseño ya que la condensación de agua puede provocar grandes pérdidas en la calidad del aire.

Para mejorar la calidad del aire se emplean refrigeradores, filtros, purgadores o secadores. Aquí tenemos una pequeña definición de cada componente.

- El refrigerador enfría el aire antes de la salida a la red.
- Los separadores de condensados, separa el líquido condensado procedente del mismo.
- El purgador de condensados drena el líquido del separador de condensados, este puede ser manual o automático.
- El secador de aire reduce el punto de rocío del aire comprimido para que funcione correctamente necesita que el aire comprimido esté a las condiciones de presión y temperatura exigidas por el fabricante. Existen dos tipos de secadores, los frigoríficos y los de absorción.
- Los sistemas de filtrado mejoran la calidad del aire en función del grado de filtrado realizado, a mayor filtrado obtenemos una mayor calidad de aire. Existen varios tipos de filtros, de partículas, de aceite, de olores o biológicos.

4.1.6. Compresores

Se denomina compresor a aquella máquina que impulsa aire, gases o vapores hacia un sistema cerrado. La acción realizada por dicha máquina, ejerce influencia sobre las condiciones de presión, elevando la misma.

En la compresión del aire es común emplear aceites lubricantes que facilitan la compresión del aire. Estos aceites mejoran el rendimiento del compresor pero empeoran la calidad del aire comprimido empleado ya que se suministra el aire con partículas de lubricante.

El proceso de compresión del aire lleva asociado un nivel de desperdicio energético muy importante. De la energía total suministrada a un compresor, tan solo entre un 8% y un 10% puede ser convertida en energía útil que sea capaz de realizar un

trabajo en el punto de uso. El diagrama de Sankey muestra este hecho de forma gráfica.

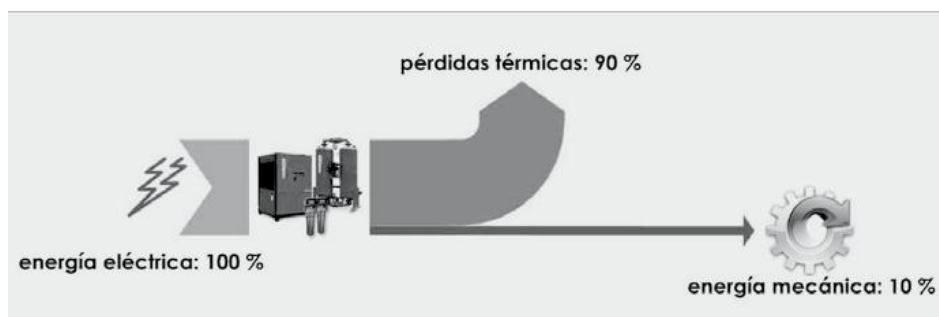


Ilustración 4.1 - Pérdidas térmicas en el proceso de compresión de aire

Para entender mejor el comportamiento de los compresores a continuación se describen varios conceptos teóricos:

- Desplazamiento del pistón: Es el volumen de aire desplazado por el cilindro de baja presión en un compresor en la unidad de tiempo, es decir, el cubicaje del cilindro por la velocidad en revoluciones por minuto.
- Aire aspirado: El desplazamiento de pistón no tiene en consideración los espacios muertos, las pérdidas de presión y las fugas en las válvulas. El aire aspirado es la resta de todas estas pérdidas al desplazamiento del pistón.
- Caudal real o efectivo: Es la cantidad de aire suministrado a la presión y temperatura de la impulsión del compresor, es decir, aire comprimido en caliente.

Todos los compresores tienen un sistema de regulación para mantener la presión de salida constante, pueden funcionar a Todo o Nada, modulado o con control VSD. Todo o Nada, el compresor suministra el 100% o el 0% de su capacidad. El modulo se regula mediante válvulas de cerrado en la tubería de aspiración y el VSD, que regula la capacidad mediante la variación de la velocidad del motor.

En la siguiente tabla se describen los tipos de compresores más comunes, se clasifican según el tipo de movimiento. Desplazamiento positivo, el aumento de presión se produce cuando el volumen ocupado por el aire se reduce y dinámico donde mediante elementos de rotación se acelera el aire, la combinación del aire a velocidad con un difusor produce una presión.

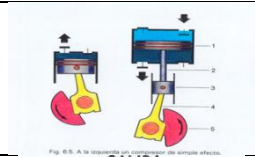



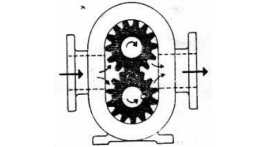
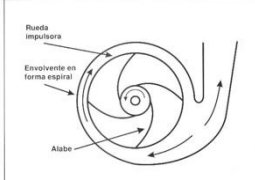
Tipo de desplazamiento	Movimiento	Tipo de Compresor	Descripción
Desplazamiento positivo	Lineal	Alternativo de pistón	
	Rotativo	Tornillo	
		Scroll	
		Paletas	
		Diente	
Dinámicos	Centrífugo		

Tabla 4.2 - Principales compresores de aire en el mercado

La potencia de los compresores se calcula a través de las leyes termodinámicas. Comenzamos con la primera ley de la termodinámica.

$$Q - W = \Delta E$$

La variación de energía del sistema, se manifiesta por el cambio de energía cinética, potencial y variación de energía interna, se puede calcular en función del flujo másico del sistema.

$$Q - W = \Delta U + \Delta P + \Delta C$$

$$Q - W = \dot{m} \cdot \left[(h_2 - h_1) + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} + g \cdot (z_2 - z_1) \right] \quad [kW]$$

$$q - w = (h_2 - h_1) + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} + g \cdot (z_2 - z_1)$$

Se desprecian las variaciones de energía cinética y potencial ya que en el proceso de compresión, no se consideran diferencias de altura ni velocidad. La expresión queda como el cambio de entalpía.

$$q - w = (h_2 - h_1) \quad [kJ/kg]$$

Si analizamos la variación de entalpía. La entalpía, representa la suma de energía interna de un sistema U y el producto de la presión por el volumen. Expresado de forma diferencial obtenemos la siguiente ecuación:

$$dh = TdS + \gamma dP$$

Si integramos la expresión obtenemos la siguiente expresión:

$$h_2 - h_1 = \int_1^2 TdS + \int_1^2 \gamma dP$$

Metiendo la primera ecuación de la termodinámica en esta, podemos hallar el trabajo realizado en un proceso de termodinámica sin cambios en la energía cinética y en la energía potencial:

$$w = \left(q - \int_1^2 TdS \right) - \int_1^2 \gamma dP$$

Se considera la ecuación internamente reversible y se emplea la definición de entropía, que se define como el cambio en el calor del sistema en función de la temperatura, es una ecuación que indica orden en la ecuación.

$$m \cdot (s_2 - s_1) = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

$$ds = \frac{\delta q}{T} \quad \Rightarrow \quad T \cdot ds = \delta q$$

Si sustituimos en la ecuación del trabajo observamos que el trabajo para una formula reversible depende directamente del volumen específico del fluido y la presión de trabajo.

$$w = \left(q - \int_1^2 \delta q \right) - \int_1^2 \gamma dP = - \int_1^2 \gamma dP$$

4.1.7. Ahorros teóricos de consumos eléctricos

Existen múltiples medidas de ahorro de consumo eléctrico para el aire comprimido. Resaltar que debido al sistema de gestión de Volkswagen Navarra, nos centraremos en medidas de ahorro de consumo de aire comprimido únicamente que puedan ser implantadas en el taller de chapistería, que es el lugar de realización de las prácticas. Esta puntualización se realiza ya que gran multitud de medidas de ahorro que se pueden realizar en la sala de compresores, pero estas, están gestionadas desde el departamento de Mantenimiento Central de la planta.

Como se ha especificado en el proyecto, en el taller de chapa se localizan dos tipos de aire comprimido el de alta y el de baja. Estos se distribuyen a lo largo del taller y mediante bajantes llegan a las distintas instalaciones, desde ahí, se reparte a las distintas maquinarias. El estudio se va a realizar en la instalación de la puerta anterior izquierda de la fábrica 1.

Según los grandes fabricantes de aire comprimido, las instalaciones industriales de aire comprimido tienen grandes oportunidades de ahorro. Se estima que alrededor de un 50% del aire comprimido producido es perdido debido a fugas, usos inapropiados y una demanda artificial.

Las pérdidas por fuga son el principal motivo de pérdida y es el factor más estudiado de ahorro, hoy en día existen estudios de sonometría que identifican fugas en las instalaciones. Los usos inadecuados más comunes en la industria son debido a equipos encendidos en periodos de tiempo no productivos o mal uso de los operarios de los equipos. La demanda artificial hace referencia a motivos de ajustes elevados en las presiones de las instalaciones que provoca mayores consumos y averías en la maquinaria. Por ello, podemos afirmar que con las correctas medidas en el uso de aire comprimido se puede conseguir también ahorros de mantenimiento.

En un sistema de distribución convencional de la industria las principales pérdidas se encuentran localizadas en los compresores, las caídas de presión producidas por los secadores y filtros, las caídas de red en las tuberías y la caída en las FRL y las válvulas de control.

Las principales medidas de ahorro en aire comprimido que se pueden implantar en el taller de chapistería son las siguientes se enumeran por orden de importancia.

1. Eliminar las fugas de aire
2. Bajar la presión de trabajo.
3. Bajar la regulación del aire en la succión.
4. Capacidad de regulación de la carga.

La principal causa de desperdicio energético más común en la producción de aire comprimido son las fugas, que pueden alcanzar hasta un 30% de la capacidad instalada. Para evitar las fugas importantes es necesario llevar a cabo una vigilancia especial, un mantenimiento planificado y el correspondiente entrenamiento.

Las principales medidas que pueden adoptarse para disminuir las fugas, son las siguientes:

- Reducir la presión de aire para usos de soplado, a fin de ahorrar aire.
- Instalar separadores de condensado y drenajes en los extremos de los ramales con el fin de eliminar la necesidad de soplar las líneas para extraer el agua.
- Utilizar válvulas solenoides para cerrar el flujo de aire en tramos cuya demanda sea nula.
- Cerrar sectores o tuberías en desuso.

Las pérdidas producidas por fugas dependen de varios factores, la presión, el tamaño del orificio de fuga, los costes de producción de aire comprimido y el tiempo de fuga sin reparar. Por ello debemos intentar minimizar todos estos factores si queremos reducir nuestros consumos.

La potencia necesaria para comprimir aire es una función directa de la presión de compresión. Por cada 10 psig (0.689476 bares) que se logra reducir, se consigue un ahorro de un 5% en la potencia de los compresores.

Otro método de reducción de consumo es bajar la temperatura de succión de aire, con cada 6°C se consigue reducir en un 2 por ciento el consumo de los compresores pero es una medida realmente difícil de implementar.

También se implantan controles de capacidad mediante medidores o compresores que operen a cargas parciales. Para ello se emplean controladores de paro y arranque automático, carga y descarga, control Dual, modulación o velocidad variable.

4.2. Situación actual

Debido a la situación actual del taller de chapistería, hoy en día en obras por la ampliación de dos nuevas naves que mejorarán la producción en este taller en el nuevo modelo Polo A07. Este verá la luz en Junio de 2017 y el taller de chapistería pasará a ocupar tres naves y la actual sufrirá grandes modificaciones. Tan solo se mantendrá la línea Finish de elementos móviles y parte de las instalaciones de mascarón que sufrirán grandes modificaciones. Por estos motivos el estudio de ahorro energético se centrará en los elementos móviles del taller de Chapistería.

4.2.1. Necesidades

Dada la variedad de maquinaria, equipos e instalaciones en el taller de chapistería de Volkswagen Navarra S.A. se demanda aire comprimido a dos presiones diferentes, por lo que también existen dos redes de distribución independientes, cada una con sus compresores, conducciones y equipos de utilización. Estas son las dos redes instaladas son:

- 6 bares (Baja)
- 12 bares (Alta)

Éstas son las presiones de referencia con la que se denomina cada una de las redes y estaciones de generación de aire comprimido en Volkswagen Navarra. Hoy en día, la presión de salida de los compresores es de 7,5 bares para la línea de 6 bares y casi 9 bares para la línea de 12 bares. Esta presión es superior en la línea de baja para garantizar a la entrada de la instalación una presión de 6 bares, debido a pérdidas de carga en las conducciones. La presión de la línea de baja se redujo como medida de ahorro energético ya que se observó que con menor presión se garantizaba el correcto funcionamiento de las instalaciones. Hoy en día, la presión de salida de los compresores es algo menor de 9 bares y la presión de entrada en las instalaciones es de 8,5 bares.

Se va a realizar una estimación de los costes de aire comprimido en el taller de Chapistería en los últimos años para ello se emplea la información facilitada desde Mantenimiento Central, esta información se encuentra disponible en el B-Data y el SGE, que contabilizan de manera automática el consumo de los distintos talleres. Se ha estudiado los consumos a partir de 2015, ya que antes no se generaban estos informes o los consumos eran erróneos.

Consumo y costes en el último año:

CONTROL DEL CONSUMO DE AIRE TALLER DE CHAPISTERÍA				
2015				
Linea	Consumo (Nm3)	Costes	% Fábrica	% Taller
6 bares	22151326,53	252.303,61 €	39,44%	55,70%
12 bares	11802803,8	200.647,66 €	100,00%	44,30%
TOTAL	33954130,33	452.951,27 € -	-	-

Tabla 4.3 - Costes aire comprimido en Chapistería, año 2015

Estimación de consumo y costes de aire este año 2016:

2016 - Hasta hoy en día		
6 y 12 bares bares		
Mes	Consumo (Nm3)	Costes (€)
Enero	2860369,548	39.687,94 €
Febrero	3788660,973	52.568,08 €
Marzo	3828042,276	53.114,50 €
Abril	4297112,766	59.622,91 €
Mayo	-	-
TOTAL	14774185,56	204.993,44 €

Tabla 4.4 - Costes aire comprimido en Chapistería, hasta Abril del año 2016

Se adjuntan gráficos en los cuales se puede realizar un análisis del consumo de aire en el taller

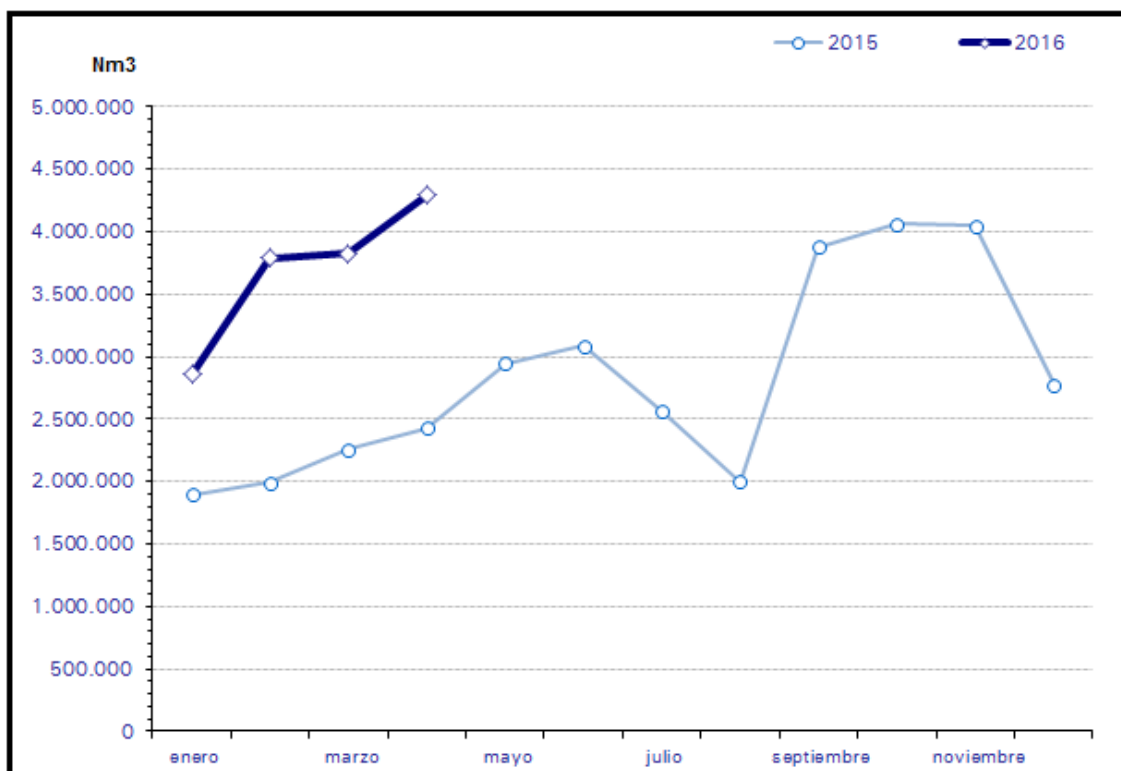


Tabla 4.5 - Comparación consumo de aire, año 2015 y 2016, en el taller de Chapistería

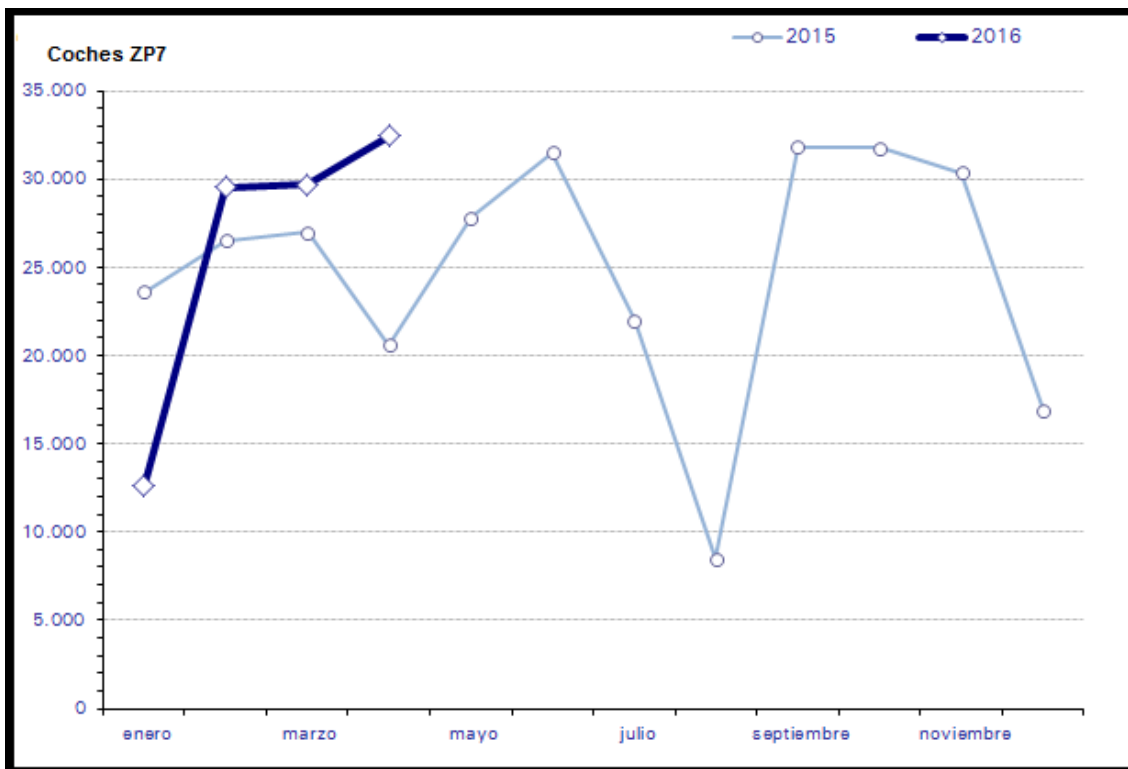


Tabla 4.6 - Comparación de carrocerías producidas en 2015 y 2016

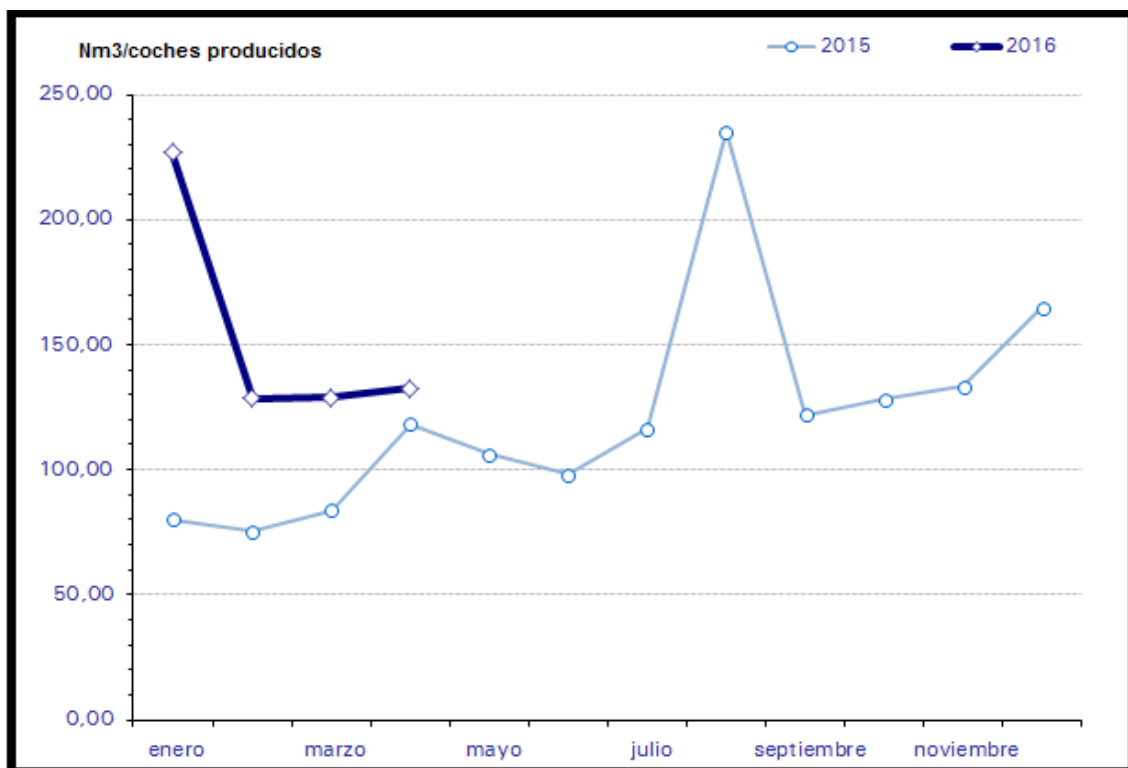


Tabla 4.7 - Comparación ratios de consumo de aire, año 2015 y 2016, en el taller de Chapistería

Se adjunta en el anexo el informe del B-Data, en el que se reflejan los consumos eléctricos, de agua, gas, aire y la producción de los dos últimos años.

Con estos datos se puede realizar una pequeña valoración de los consumos de aire del taller de chapistería y obtener las primeras conclusiones y valoraciones:

- El ratio de consumo aumenta del 2015 a 2016, es un dato realmente negativo ya que la producción ha aumentado con respecto al último año y esto significa que el ratio en condiciones similares debería disminuir. Los motivos principales son un mal mantenimiento de las instalaciones de aire comprimido.
- Se observa que la producción de Enero de 2016 es la mitad que en Enero de 2015, esto provoca un aumento significativo de casi tres veces en el ratio de aire consumido por coche producido. Esto demuestra que las instalaciones tienen muy malas condiciones de mantenimiento a máquina parada, pierden un consumo grande debido a fugas o mal uso de las mismas. De hecho el consumo en Enero de 2016 es mayor que en 2015, a pesar de producir la mitad de vehículos.
- Las obras realizadas en el taller de mantenimiento no afectan a los datos estudiados, las primeras pruebas constan de finales de Marzo, en las nuevas naves 1B y 1C, no se observan cambios significativos en el consumo de aire. Se deberá revisar la instalación de aire de las nuevas naves, hoy en día, no se conoce el lugar de toma de aire a las nuevas naves pero parece que es del taller de Prensas ya que han sufrido un aumento de consumo de aire en los últimos meses.

Los costes del aire comprimido se han estudiado de acuerdo al consumo eléctrico de los compresores de la planta, no se tiene en cuenta amortización de los equipos, ni costes de mantenimiento. El coste eléctrico en la VW es de 0.08475 €/kWh. Aquí se muestra el cálculo realizado:

Aire Comprimido 6 bar	Suministro AC 6 bar Nm ² /año	Consumo eléctrico kWh/año	Coste de generación Euros/año	Precio unitario Euros/Nm ²
TOTAL =	56.167.055,8	7.629.925,6	639.769,3	0,01139

Aire Comprimido 8 bar	Suministro AC 8 bar Nm ² /año	Consumo eléctrico kWh/año	Coste de generación Euros/año	Precio unitario Euros/Nm ²
TOTAL =	11.812.803,8	2.353.874,4	197.372,4	0,01671

Tabla 4.8 - Costes aire comprimido

4.2.2. Instalaciones, redes de distribución y contadores

Existen 2 centrales de compresores en la fábrica. En la sala de compresores nº1 que se encuentra instalada en la UZ 1, también sala de fluidos número 1, están todos los compresores de 12 bares que alimentan la nave de Chapistería, 5 compresores Atlas Copco GA 250 y 4 compresores de 6 bares. En la sala de compresores nº2, que se encuentra en la UZ 3, están los 5 compresores de 6 bar que completan la instalación y el anillo de la línea de baja, encargada de alimentar toda la planta.

A. Red de 6 bares

La red de 6 bares es necesaria en todos los talleres de la fábrica, por ello las dos salas de compresores instaladas alimentan el gran anillo que suministra todas las naves. El objetivo de esta conexión en anillo es doble, garantizar siempre el suministro de aire a todas las instalaciones, en caso de avería, y función de depósito para regular grandes picos de consumo en la planta de Volkswagen y conseguir que la producción de los compresores sea lo más estable posible. Debido a las condiciones de diseño de la instalación, el flujo de aire de la línea de baja es mutuo, siempre en dirección de la zona con mayor demanda. En condiciones normales la sala de compresión genera el aire comprimido para el taller de chapistería y prensas y la sala de compresores número 2, suministra al resto de talleres de Volkswagen Navarra, Pintura, Motores, Montaje y Revisión Final.

A continuación se muestra la disposición de las salas de compresión en la planta de Chapistería. Con las obras en el taller de Chapistería, se va a instalar nuevos compresores de 12 bares en una nueva sala de energía, ubicada en la esquina opuesta de la nave de Chapistería a la sala UZ1, como se indica en la siguiente fotografía.

Este año, en la sala de compresores número 2, se instalará un nuevo compresor para la red 6 bares con el objetivo de mejorar y garantizar siempre el servicio de aire de la nave.

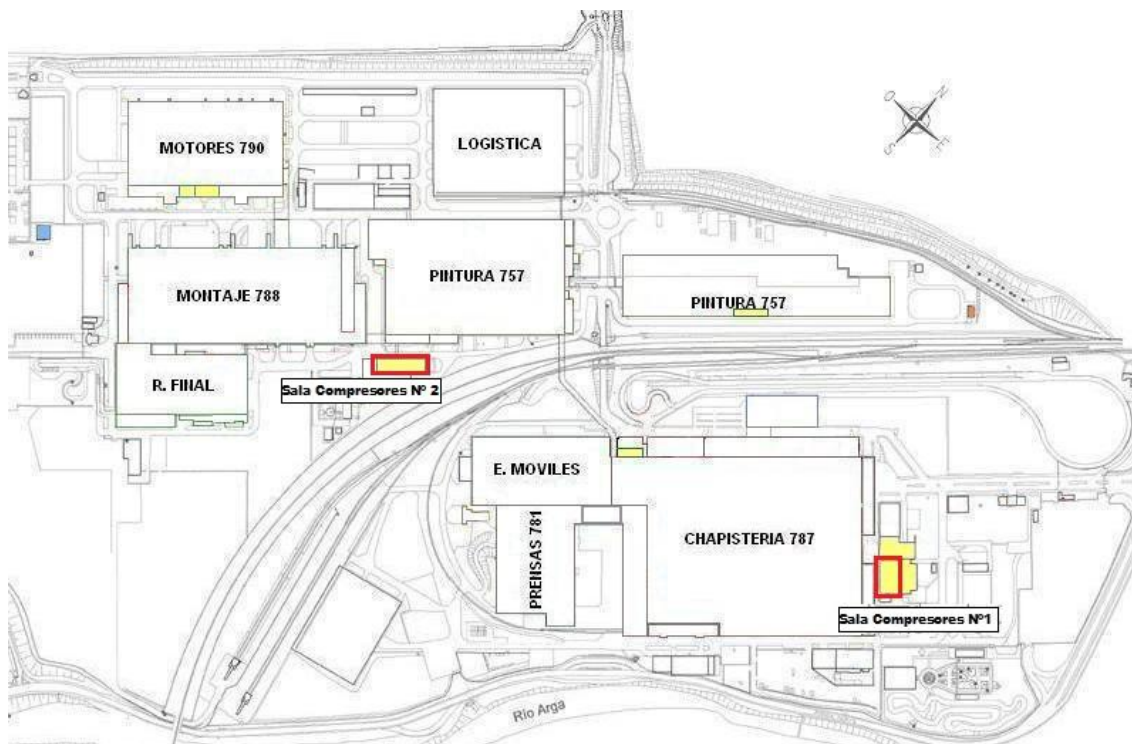


Ilustración 4.2 - Lay Out de Salas de Compresores en Fábrica

B. Red de 12 bares

La red de 12 bares es más sencilla ya que no se dispone de un gran anillo para toda la planta, sino que únicamente alimenta el taller de chapistería. Esto permite tener más controlados los consumos de aire, la compresión del mismo y la regulación en caso de que sea oportuno. La red de 12 bares empleada en chapistería contiene partículas de aceite, ya que los compresores empleados trabajan con aceite con el objetivo de conseguir una compresión más eficiente. Apuntar que existe otra red de 12 bares, empleada en pintura pero esta es exenta de aceite.

C. *Redes de distribución*

Existen redes de distribución, una para cada presión de trabajo, 6 y 12 bar. Las redes están formadas por tubo metálico, al igual que los colectores. Se adjuntan los planos de distribución de los equipos de aire en los anexos del proyecto.

Las redes se distribuyen por las naves de fábricas generalmente por las estructuras superiores cercanas al techo de las mismas y se realizan conexiones para los equipos que necesitan aire comprimido para su funcionamiento. Como se observa en la siguiente fotografía, observamos dos bajantes de aire con, dos tuberías de agua de ida y retorno. Las bajantes de aire están etiquetadas de rojo, la línea de 6 y de morado, la línea de 12 bares. También se adjunta una tabla con los tipos de aire comprimido disponibles en Volkswagen Navarra y sus características.



Ilustración 4.3 - Redes de distribución agua y aire en VW Navarra

Red	Color tubería	Color banda distintiva	Presión real de salida	Aceite	Departamentos
Baja - 6 bar	Azul	Roja	7,3	NO	Todos
Alta - 12 bar (con aceite)	Azul	Morada	8,8	SI	Chapistería
Alta - 12 bar (sin aceite)	Azul	Amarilla	8,8	NO	Pintura

Tabla 4.9 - Características de redes de aire VW Navarra

Como se observan en los planos la línea de 6 administra todos los equipos de aire que demandan aire y la línea de 12 bares aquellos con equipos de soldadura, que son los únicos equipos en la instalación que demandan aire comprimido de presión alta.

Todas las redes de distribución realizan a su vez una función de depósito, que regula la presión en las instalaciones y el funcionamiento constante de los compresores, consiguiendo el consecuente ahorro de energía.

Paneles HIP (Hallen Installations Platten) y paneles RIP (Robeter Installations Platten)

En Volkswagen Navarra, se denomina paneles HIP, al conjunto de elementos instalados a la entrada de aire de las instalaciones. Estos paneles se encuentran instalados en cada bajante de aire y a la entrada de las instalaciones. Estos paneles se colocan como elementos de seguridad para garantizan la correcta presión a la entrada de la instalación y la alimentación correcta a los equipos. También contienen elementos que se encargan de garantizar la calidad del aire en el suministro de los equipos. A continuación se muestra una imagen con una pequeña explicación de cada elemento del panel HIP:

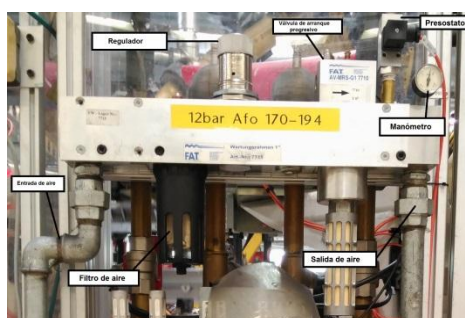


Ilustración 4.4 - Panel HIP 12 bares

- Filtro, se encarga de la eliminación de particular que contaminan la calidad del aire.
- Válvula de arranque progresivo, se encarga de regular la entrada de aire con grandes diferencias de presión. Evitando estas grandes diferencias de presión en los equipos.
- Manómetro, es un manómetro de aguja que muestra la presión de salida del aire en el panel HIP.
- Regulador, permite bajar la presión a la entrada de la instalación.
- Conexión de aire, todos los paneles tiene una conexión de aire rápida por si se precisa el uso o la instalación de algún equipo.

Debido al gran número de componentes, los HIP, son zonas con gran probabilidad de fugas de aire, sobretodo en filtros y otros equipos de la instalación. Los RIP son el mismo concepto que los HIP, pero estos vinculados a los robots de las

instalaciones. Son paneles de control de aire a la entrada de un Robot. En caso de Robots con manipuladores, son alimentados con la red de 6 bares, sin se trata de un robot con pinza, se conecta a la red de 12 bares.

Los paneles RIP son los paneles de control del aire de entrada a los Robots, estos paneles dispone de prácticamente los mismos componentes que el panel HIP y en caso de disponer de pinzas de soldadura, se encuentra instalada una servo válvula. El objetivo de estos paneles es garantizar la calidad y la presión del aire a la entrada de los Robots.

D. Contadores

Desde el 2003 y con el objetivo de conseguir una fábrica más eficiente, se viene trabajando en las instalaciones de aire para conseguir reducir los derroches en estas instalaciones. Para ello se tienen instalados contadores a nivel general de fábrica conectados al SGE y el B-Data que dan información diaria del consumo de aire en las distintas instalaciones y el consumo de aire generado en las distintas salas de compresión. Estos contadores son responsabilidad de Mantenimiento Central. Con los datos medidos por ellos podemos estimar el coste de aire comprimido y estimar el ahorro que se puede alcanzar en las instalaciones.

En el año 2014, se realizó la instalación de contadores en las distintas instalaciones de elementos móviles con el objetivo de controlar el consumo de aire en ellas y así poder implantar medidas de ahorro en equipos de aire comprimido. Estos son los primeros contadores instalados de aire con responsabilidad del taller de Chapistería, fue una de las medidas Think Blue aprobadas en el año 2014. Los contadores instalados son caudalímetros volumétricos que contabilizan el consumo de aire en L/min, estos caudalímetros emiten un pulso cada vez que contabilizan 1 m³ al autómeta, y se va contabilizando el número de pulsos a la hora. De esta manera, se logra obtener el consumo en m³/h.

Los caudalímetros se encuentran instalados en las entradas a las HIP de cada instalación de elementos móviles, se han instalado ahí, ya que de esta manera se logra controlar todo el consumo de aire que concierne al taller de Chapistería, debido a la normativa explicada por la fábrica

Mediante estos contadores podemos realizar la estimación de los costes en aire comprimido en las instalaciones de Chapistería.



Ilustración 4.5 - Panel HIP y contadores de 6 y 12 bares

4.2.3. Usos de aire comprimido

En el taller de Chapistería, el aire comprimido se distribuye por todas las instalaciones donde se realizan operaciones de producción. La principal aplicación está en los robots de soldadura pero también es fundamental en manipuladores, engrapadoras, clinchados y más aplicaciones que se detallan en los siguientes puntos.

A. Ventosas

Tan solo tenemos dos tipos de ventosas en las instalaciones de chapistería, no tienen grandes diferencias técnicas entre ellas, ya que ambas son del mismo modelo, sin embargo, si tiene diferencia de diseño. Unas son más grandes que otras. Se ha realizado una revisión de la documentación técnica de SMC, proveedor de estas ventosas y se ha observado las presiones óptimas de trabajo para ajustar los manipuladores a esta presión.

En la documentación técnica, que se adjunta en el anexo, se muestra cómo afecta la presión a las distintas ventosas. Aquí dejamos la gráfica que la muestra.

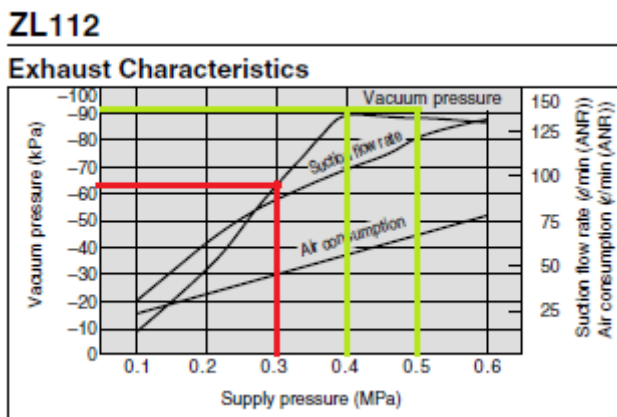


Tabla 4.10 - Presión de ejercida por ventosas según la presión de alimentación

Hoy en día estos equipos están alimentados a 7 bares, se podría reducir la presión de estos hasta 5 bares con una optimización con un margen de seguridad de un bar que garantiza el correcto funcionamiento de las ventosas. Según la documentación técnica la presión óptima de funcionamiento son 4 bares, provocando un mayor consumo de aire comprimido y acortando la vida útil de las mismas con sus consecuentes costes de mantenimiento.

Model	ZL112
Nozzle diameter	1.2 mm
Maximum suction flow rate	100 l/min (ANR)
Air consumption	63 l/min (ANR)
Maximum vacuum pressure	-84 kPa
Maximum operating pressure	0.7 MPa
Supply pressure range	0.2 to 0.5 MPa
Standard supply pressure	0.4 MPa
Operating temperature range	5 to 50°C

Tabla 4.11 - Características técnicas ventosas de manipuladores

Los modelos con los que se trabaja son los siguientes:

- Pequeño: ZL 112 - EE67L -X103
- Grande: ZL 112 - K15 -M02

B. Bridas

Existen gran variedad de bridas en el taller, todas ellas se diseñan para la sujeción de piezas en el proceso productivo. Además se regulan varios parámetros para cada una de ellas como el ángulo de apertura de la brida con el objetivo de tener bridas más eficientes y reducir el consumo de aire innecesario. Si el ángulo es menor el pistón requiere menor movimiento y el consumo de aire es siempre menor, además de garantizar un movimiento más rápido.

Pero también es de gran importancia la presión del aire comprimido que se suministra ya que reduce el consumo de aire cuanto menor es este y se debe garantizar siempre la mínima presión para que ejerza la mínima fuerza requerida.

Las bridas más empleadas en el taller de chapistería son en mesas el modelo de Tunker V63.1 y para manipuladores se emplean también de Tunker, el modelo APH 40.5.



Ilustración 4.6 - Bridas empleadas en el taller de Chapistería

Las bridas de las mesas pueden llegar a trabajar a unos 3 bares y las bridas de los manipuladores por lo general también pueden llegar a trabajar hasta con presiones inferiores a 4 bares. Por lo que las bridas hoy en día están sobre alimentadas en el taller de chapistería, con las consecuencias que ello conlleva, un sobreconsumo y el aumento en gastos de mantenimiento.

C. Cilindros neumáticos

Cada cilindro neumático de la instalación está diseñado para un determinado consumo de aire y una presión determinada que pueda realizar los movimientos necesarios con la fuerza requerida. Se debe realizar un análisis de cada cilindro con sus condiciones de trabajo.

Se encuentran instaladas en varios elementos de la instalación y todas ellas tienen distintas propiedades de trabajo. Reducir la presión en los cilindros neumáticos, puede provocar ejercer menor fuerza de la requerida o ralentizar el tiempo de ciclo, al reducir la velocidad de llenado de los mismos. Por ello, si se desea reducir la presión de trabajo en los distintos elementos es necesario realizar una revisión exhaustiva de los tiempos de ciclos de la instalación, ya que una presión inferior puede generar un llenado lento y como consecuencia aumento del tiempo de ciclo de la instalación.

Podemos encontrar cilindros neumáticos en gran número de maquinarias en la instalación, desde robots, engrapadoras o equipos de masilla. Festo es el proveedor de cilindros neumáticos del taller de Chapistería en Volkswagen Navarra.



Ilustración 4.7 - Cilindro Festo

D. Cilindros hidroneumáticos

Los cilindros hidroneumáticos son cilindros multiplicadores de presión, se emplea aire comprimido y aceite para conseguir grandes presiones. Son comunes en el taller de chapistería y se encuentran en muchas aplicaciones. Estos cilindros por lo general tienen grandes dimensiones y en consecuencia grandes consumos de aire. Mucho de estos solían estar conectados a la red de 12 bares pero se observó que podían trabajar con presiones más bajas por lo que se conectaron a la red de 6 bares.

Las maquinas Clinchen, emplean cilindros hidroneumáticos para conseguir ejercer la fuerza necesaria en el engrapados de las chapas. La presión neumática se multiplica por la hidráulica del aceite ejerciendo la fuerza necesaria, de aquí la importancia de garantizar la presión a la entrada del equipo. Aquí se muestra una tabla con la presión, de Tox Pressotechnik, marca que suministra a través de Tunker, los cilindros neumáticos instalados en la planta de Chapistería. Según este proveedor la presión máxima de trabajo de estos es de 6 bares.

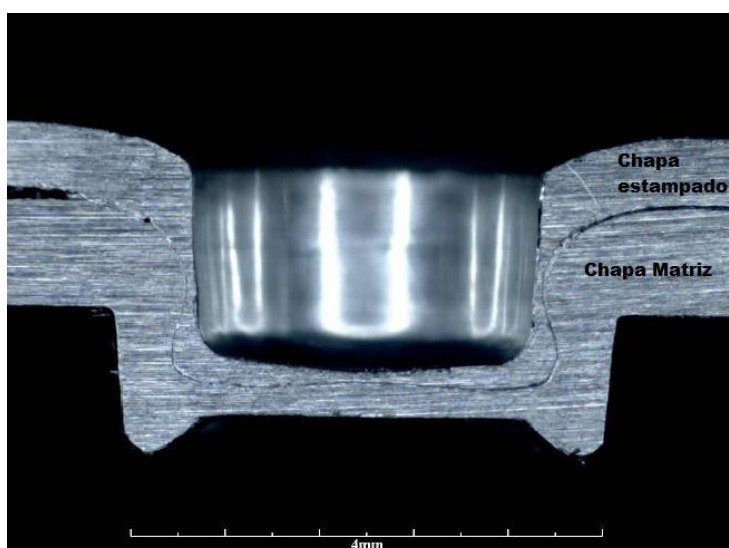


Ilustración 4.8 - Proceso de clinchado

Las embutidoras, las máquinas de corte de “Teil in Teil”, troqueladoras, engrapadoras de emblema, cortadoras son más maquinas donde se encuentra instaladas este tipo de válvulas. Se adjunta una tabla donde se indica la presión ejercida por la máquina en función de la presión neumática a la entrada.

Presión Aire	Presión Final	Fuerza
bar	bar	kN
2	130	27,2
3	200	41,8
4	280	58,5
5	355	74,1
6	435	90,7

Toleranz der technischen Angaben ± 5%

Máxima Presión Trabajo: 6 bares

Ilustración 4.9 - Tabla de presiones de cilindro hidroneumático Tox Pressotechnik

E. Fresadoras

Es un elemento fundamental para garantizar la calidad del producto final en el taller de chapistería. Es muy importante garantizar siempre una buena soldadura y con gran frecuencia el motivo de un mal punto de soldadura viene dado por las fresadoras del equipo. Según el fabricante de las fresadoras instaladas, Bräuer, estas deben trabajar a una presión de entre 6 y 4 bares, se ha revisado alguna fresadora en la instalación de la Puerta Anterior Izquierda y se encuentran reguladas a una presión de 4.5 bares.

Por lo tanto, podemos asegurar que las fresadoras garantizan un correcto funcionamiento a 4.5 bares pero nunca puede ser inferior a 4 bares. Hoy en día se alimentan a 7 bares a la entrada del HIP de la instalación.

F. Masillas

Los equipos de masilla constan de varios elementos que trabajan de manera independiente y necesitan el suministro de aire comprimido para su correcto funcionamiento. Las pistolas y válvulas de llenado trabajan como todas las demás válvulas de la instalación, a 6 bares. Esta presión se aumenta mediante aceites hasta alcanzar una presión de unos 24 bares para el correcto suministro de la masilla,

liquido realmente muy viscoso que requiere de grandes presiones para su correcta aplicación.

Las columnas que bajan el plato según el consumo de masilla trabajan a 2-3 bares. La bomba trabaja a 2-3 bares aunque a veces interesa subir la presión para compensar averías de calefacción o porque nos interesa bombear masilla de forma más rápida, por ejemplo en el cambio de tipo de masilla, cambio de mangueras, pasar masilla mala y motivos de excepción. Los equipos de masilla llevan una válvula limitadora para aquellas partes de la instalación que no interesa que tengan más presión que la necesaria para trabajar.

Por ello podemos asegurar que los equipos de masilla necesitan una presión superior a 5 bares en las pistolas y las válvulas de llenado para garantizar su correcto funcionamiento. Los demás elementos pueden trabajar con una presión inferior.

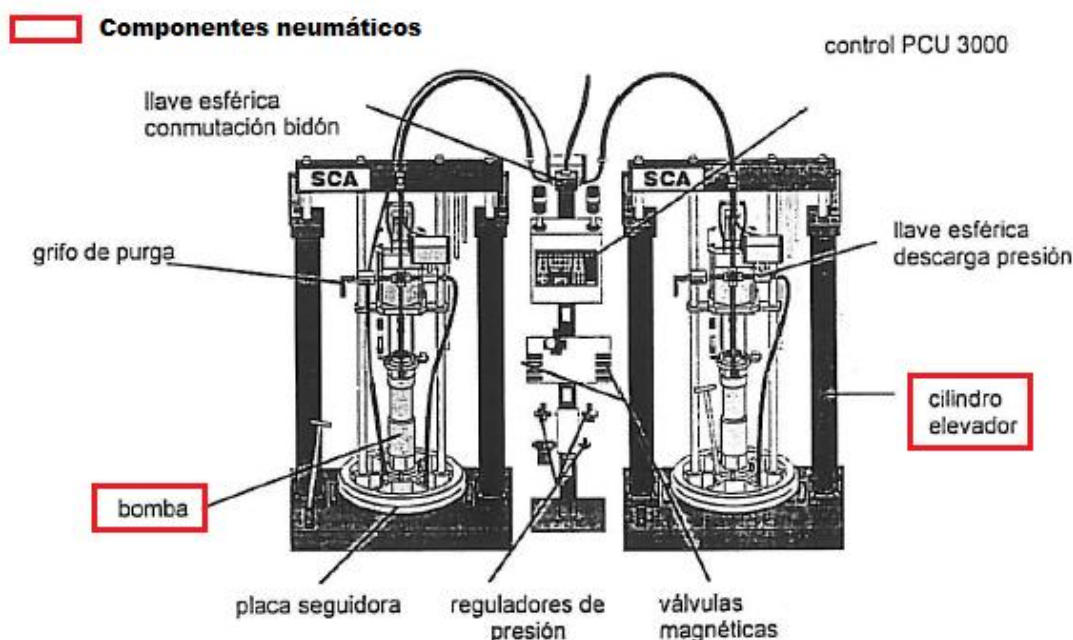


Ilustración 4.10 - Equipos neumáticos en equipos de masilla

Pinzas de soldadura, línea 12 bares

La presión necesaria en las pinzas de soldadura va regulada por la presión de trabajo de los cilindros, lo que nos interesa es la fuerza ejercida por la pinza de soldadura. Esta regulación se realiza mediante servo válvulas que regulan la presión para cada preciso momento. Una de las medidas implantadas en Volkswagen Navarra para el ahorro energético fue reducir la presión de aire

comprimido en los equipos de 12 bares hasta 8.8 bares de presión relativa, consiguiendo mantener la producción y la calidad de los puntos de soldadura.

4.3. Derroches:

Durante el periodo de prácticas se han detectado derroches comunes en las instalaciones de chapa que provocan grandes sobrecostes al final del año. Se han realizado estimaciones económicas de los sobrecostes que generan estos malos hábitos o usos de las instalaciones de aire.

Destacar que durante este apartado se resalta de manera continua la importancia de realizar un correcto mantenimiento de las instalaciones para reducir el consumo y por tanto los costes del aire comprimido. En el aire comprimido se estima que el 50% del aire producido, se pierda en malos usos, fugas o una demanda artificial y tan solo el 50%, se emplea en la producción. Estos derroches se pueden eliminar realizando un buen uso de los equipos de aire y el correcto mantenimiento. A continuación se muestra la gráfica obtenida de una presentación Top Energy S.A.



Ilustración 4.11 – Gráfico de Top Energy S.A., pérdidas habituales en la industria

4.3.1. Regulación de la presión en paneles HIP:

La falta de regulación de la presión a la entrada de la instalación es uno de los grandes motivos de pérdidas en los equipos de aire. Si se elimina la regulación de aire en los paneles HIP se provoca un aumento del consumo por sobrealimentaciones de los equipos, ventosas, cilindros neumáticos o bridas, ya que la presión de entrada en estos equipos es mayor y la velocidad de entrada es mayor.

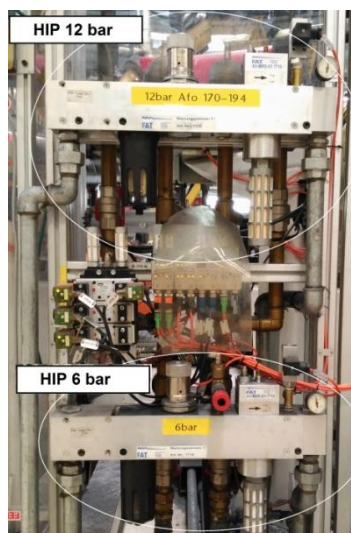


Ilustración 4.12 - Panel HIP de 6 y 12 bares

Un metro cúbico de aire a una presión mayor ocupa menor volumen que un metro cúbico de aire a menor presión, por las leyes de los gases ideales que se explican en el apartado teórico del proyecto, esto es otro motivo de aumento del consumo en m3.

La presión de aire está directamente relacionada con la densidad del aire, como demuestra la ecuación de los gases ideales, si se reduce la presión, disminuye la densidad y en consecuencia aumenta el volumen del aire, este aumento provoca una disminución en el consumo masivo de aire comprimido. Aquí se muestran los cálculos realizados y la disminución de la densidad al reducir la presión en 1,5 bares.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad \longrightarrow \quad \frac{n}{V} = \frac{P}{R \cdot T}$$

$$\rho = \frac{n \cdot PM}{V} = \frac{P \cdot PM}{R \cdot T}$$

Para el cálculo de la variación de volumen, empleamos los siguientes valores:

$$PM = 28,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol} \quad ; \quad R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot K \quad ; \quad T = 293 \text{ K}$$

Se realiza el cálculo obteniendo los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} \rho(P_1 = 8 \text{ bar}) &= 9,459 \text{ kg/m}^3 & \longrightarrow & \downarrow \text{ ahorro } \% \simeq 12,53 \% \\ \rho(P_2 = 7 \text{ bar}) &= 8,273 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Este estudio teórico se ha demostrado en la Puerta Anterior Izquierda de la Fábrica 1, abriendo la regulación de los paneles HIP. Al máximo y dejando pasar por ella una presión de unos 7 bares. Se han observado los consumos y el comportamiento de la instalación, controlando averías, tiempos de ciclo y consumos de aire de la instalación. Los contadores volumétricos donde se contabiliza el consumo están antes de la instalación, por lo que no afecta la regulación en la medición, es decir al cambiar las presiones.

Observamos las siguientes variaciones de consumo en m3.

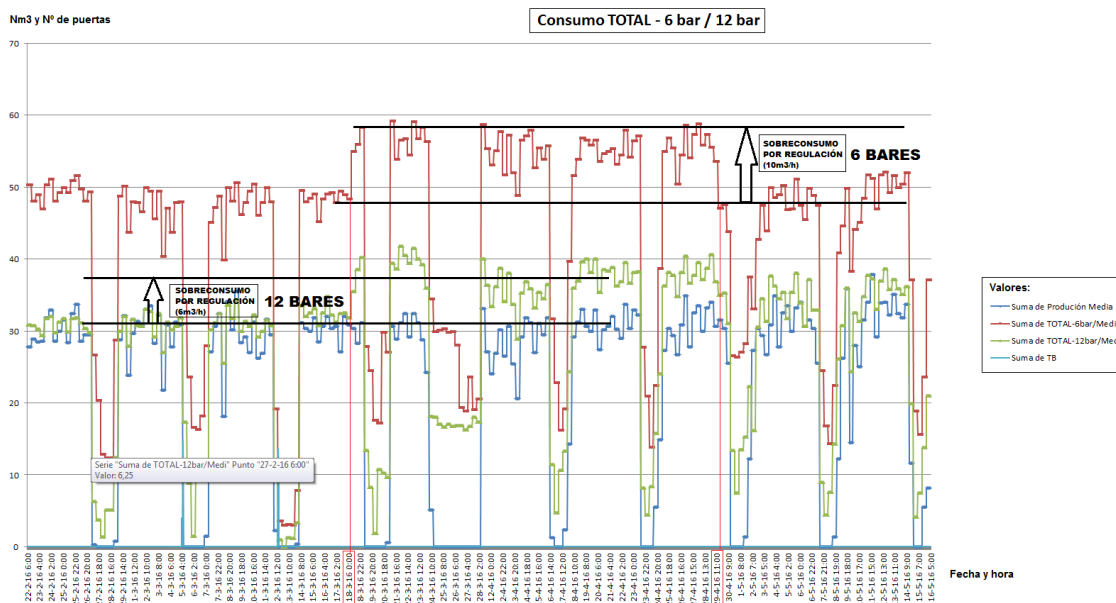


Tabla 4.12 - Gráfica consumo total de la Puerta Anterior Izquierda Fábrica 1

El 18 de Marzo, se abrieron las válvulas de las instalaciones con el objetivo de observar y calcular el aumento de consumo de aire tanto en la línea de 6 bares como en la de 12 bares. En la siguiente tabla se adjunta las subidas de consumo y el ahorro de metros cúbicos en tanto por ciento en la instalación. El 29 de abril, se reguló la presión de la línea de 6 bares. Puntualizar que se han eliminado de las gráficas los consumos de aire dos semanas de Mayo, debido a unas pruebas de fugas en la instalación.

Se realiza una estimación del ahorro económico y energético que se alcanza con esta medida al año en la Instalación de la Puerta Anterior Izquierda. Los valores están multiplicados por 12, para hacer una estimación del ahorro que se alcanza en elementos móviles y la importancia de mantener las instalaciones reguladas a la presión óptima.

Consumo sin regular (m ³ /h)			Consumo regulado (m ³ /h)		
	6 bares	12 bares		6 bares	12 bares
Días de producción	58	38	Días de producción	48	32
Días de no producción	20	15	Días de no producción	15	10

Tabla 4.13 - Consumos en m³/h en Puerta Anterior Izquierda de la Fábrica 1

Costes (€/año)	Una instalación	x12
Sin regular	8.304,37 €	99.652,45 €
Regulado	6.183,45 €	74.201,42 €

Tabla 4.14 - Costes aire comprimido en Puerta Anterior Izquierda y (x12)

AHORRO ENERGÉTICO (REGULACIÓN)	€/año	MWh/año	Reducción de consumo
	25.451,03 €	300,31	25,54%

Tabla 4.15 - Ahorro energético estipulado en Elementos Móviles por regulación

Se adjunta también la variación de los ratios de consumo de aire con la producción de puertas, se observa la variación los días 18 de Marzo y 29 de Abril. También se han eliminado las semanas de Mayo con el estudio de fugas y aquellas horas cuya producción es menor de 10 unidades la hora, por lo que no se observan los fines de semana sin producción o ratios con producciones bajas, debido a averías o saturaciones en el taller.

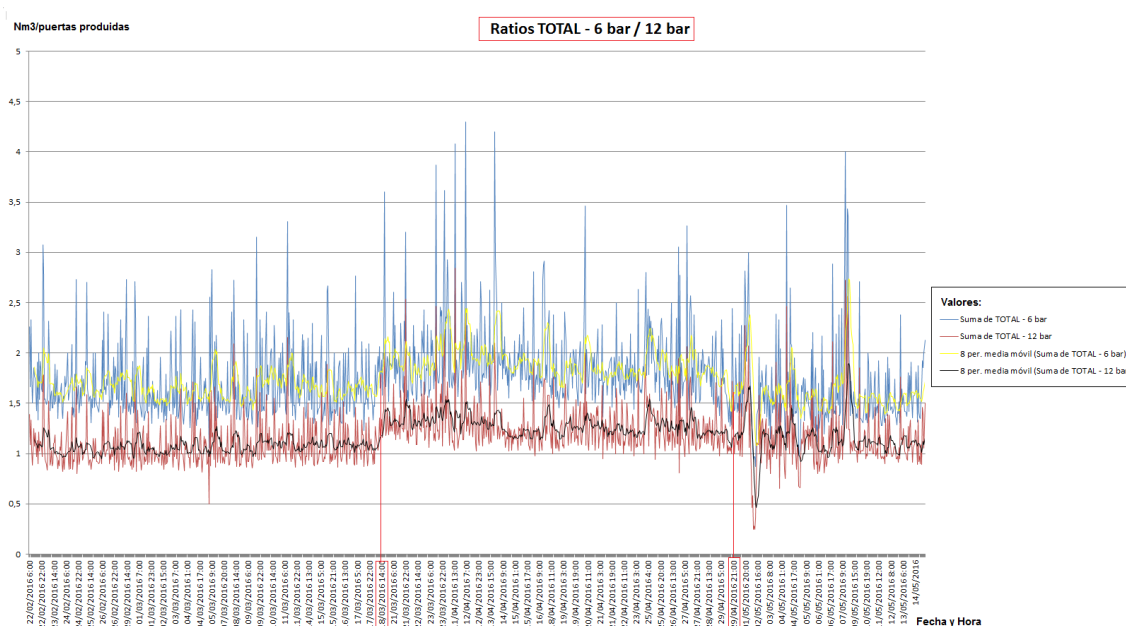


Tabla 4.16 - Ratios de consumo de aire Puerta Anterior Izquierda Fábrica 1

Las gráficas con los consumos de aire y ratios totales y por zonas de la Puerta Anterior Izquierda se adjuntan en los anexos del proyecto.

Estos sobreconsumos a su vez, aumentan el número de averías en los equipos y acortan su vida útil de los equipos. No se ha realizado un estudio detallado de este aumento de averías, ya que no se ha tenido tiempo suficiente en este estudio para

analizar cambios, pero si se documentan algunas presiones óptimas en ventosas, embutidoras o bridas y estas son siempre inferiores a 7 bares.

Es habitual y un mal hábito en el personal de Mantenimiento de Chapistería el abrir válvulas en las instalaciones cuando se producen averías para garantizar la presión en los equipos y forzar el correcto funcionamiento.

Un punto a tener en cuenta a la hora de regular la presión en una instalación, es el conocimiento de la distancia y el consumo de cada equipo conectado a un mismo panel HIP, ya que en momentos puntuales, se puede llegar a producir un consumo simultaneo de varios equipos, provocando una caída de presión del panel HIP a la entrada de los equipos. Esta caída puede llegar a ser de medio bar y en los casos más extremos hasta de 1 bar, provocando el mal funcionamiento de algunos equipos. Los más comunes son las fresadoras y la máquina Tox que tienen un consumo grande en un periodo corto de tiempo, provocando una caída de presión en la zona de consumo. También es común este problema en cilindros de grandes presiones como el de las plegadoras.

La solución a este problema, sería aumentar las dimensiones de las tuberías de aire de las instalaciones, con ello se consigue aumentar la disponibilidad de aire a una determinada presión y suaviza la caída de presión en la instalación. Además se reduce la velocidad de aire en los conductos, reduciendo las pérdidas de carga. Un claro ejemplo son las fresadoras que están conectadas a tuberías de diámetros de 0.25, los conductos más pequeños, sufriendo un gran consumo.

4.3.2. Activación del modo Think Blue

El modo Think Blue es un método de ahorro instalado en los Elementos Móviles del Taller de Chapistería con el objetivo de reducir los consumos de aire en periodos largos no productivos. El fundamento de esta medida de ahorro es claro, dejar libre de pieza todos aquellos equipos que requieran aire en periodos no productivos, cortando el aire suministrado a la instalación.

Para garantizar y poder activar el modo Think Blue se debe acondicionar los equipos, quedando estos libres de pieza, para ello, al colocar la última en la ventana de carga, el conductor de la instalación debe activar el modo Think Blue, de esta manera, la instalación está programada para que todos los manipuladores bridas o mesas de sujeción queden libres de pieza y así poder cortar el suministro de aire. Esto provoca que el consumo de aire en periodos no productivos pase a ser nulo, eliminando los derroches en manipuladores con la sujeción de piezas o la alimentación de las fugas de la instalación.

Se ha realizado un estudio del potencial de ahorro de esta medida. El estudio se realiza considerando que la presión en los paneles HIP de la instalación se encuentra regulada.

Consumo regulado (m ³ /h)		
	6 bares	12 bares
Días de no producción	15	10

Tabla 4.17 - Consumo m³/h con presión regulada en PAI de Fábrica 1

Costes (€/año)	Una instalación	x12
Sin activación TB	1.216,62 €	14.599,44 €
TB	- €	- €

Tabla 4.18 - Costes €/año en PAI de Fábrica 1 y (x12)

AHORRO ENERGÉTICO (THINK BLUE)	€/año	MWh/año	Reducción de consumo
	14.599,44 €	172,26	19,68%

Tabla 4.19 - Estimación de ahorro energético en PAI de Fábrica 1 y (x12)

Se han intentado analizar los motivos por los cuales no se conectan con normalidad los equipos de aire, el personal de Mantenimiento ha manifestado la existencia de problemas a la hora de arrancar en la entrada de aire a las instalaciones y los conductores se centran en garantizar la producción, sin involucrarse en este tipo de medidas de ahorro para la eliminación de derroches. Además en el periodo que he realizado el estudio, se ha aumentado la producción en los fines de semana, con un turno de producción por la mañana, los sábados por la tarde se realizan labores de mantenimiento que requieren de aire en las instalaciones y el domingo se trabaja a partir de las 8 con arrancada con producción.

Para garantizar que se conecta este sistema, se plantea una medida que es realizar un Check-List de las instalaciones en el cual se programa la desconexión de los equipos de aire y se realiza o revisa por el personal de Mantenimiento del taller, esto supondría un ahorro de un 20% que en el ahorro de una única instalación no supone un gran ahorro pero en el conjunto del taller un ahorro de un 20% en el consumo del aire supone unos 90.000 €/año.

4.3.3. Fugas de aire

Las fugas en las instalaciones de aire son una de las más importantes causas, si no la más, del desperdicio energético que se produce en éstas. En Volkswagen Navarra no se había realizado ningún seguimiento de las fugas de aire comprimido

antes de 2003, así las únicas fugas que se reparaban eran las detectadas por los equipos de mantenimiento de las diferentes naves o departamentos.

La primera razón es la difícil detección de las fugas de aire ya que son limpias, no dejan mancha. Las fugas de agua o cualquier otro líquido enseguida son detectadas por la suciedad que generan, con las consecuentes molestias que genera a todo lo que se encuentra próximo. Por ello estas fugas son rápidamente denunciadas y solucionadas. También existen las fugas de aire que generaran olor, estas también se detectan con facilidad y en seguida causan alarma entre el personal. Las fugas de aire sin embargo ni dejan suciedad, ni se pueden detectar por olor y encima no son una molestia notable.

La forma más natural de detectarlas es por el ruido característicos que ocasionan y ocurre que en jornadas de producción, por el ruido generado por la maquinaria de la fábrica, las fugas apenas se oyen, a no ser que sean muy grandes. Los operarios, que son los que están más cercanos a los puntos de consumo y que además abarcan la práctica totalidad de la fábrica, no escuchan muchas de las fugas ya que están siempre con las maquinas en funcionamiento. De todas formas, aunque detecten alguna fuga en las herramientas que manejan, no le suele dar mucha importancia porque no son apenas molestas y, mientras no sea una molestia notable, no se denuncia su existencia.

Un factor de gran importancia a puntualizar en el estudio del aire comprimido, es la falta de importancia y concienciación en el aire comprimido por parte de los distintos talleres, esto se da por la situación actual en Volkswagen Navarra. La red general de aire comprimido es responsabilidad del área de Infraestructura e Instalaciones y las reparaciones en ella son resueltas por el equipo de Mantenimiento Central. Desde la red general de aire cuelgan las diferentes conexiones para el consumo en las distintas naves y éstas ya son responsabilidad del mantenimiento de cada nave. Todo aquello que este a más de 1,5 metros es responsabilidad del equipo de Mantenimiento Central.

Todo el gasto producido para la generación de aire comprimido está adjudicado en la partida presupuestaria de Infraestructuras e Instalaciones y así, si hay fugas en los puntos de consumo, el sobreconsumo que supone lo asume este departamento. Por esto para los mandos de mantenimiento de cada nave que haya fugas no dan importancia a la búsqueda de fugas de aire u otros derroches. El personal de mantenimiento tampoco denuncia las fugas o derroches, al no ser que estas sean algo notorias o hayan producido una queja previa. Desde el taller de Chapistería se viene trabajando para cambiar esta situación.

4.3.4. Comprimir a mayor presión de la necesaria

Los mayores ahorros energéticos en una instalación de aire se consigue reduciendo la presión de compresión en las instalaciones, esto genera un ahorro directo en los compresores y un ahorro indirecto en fugas, consumo de los equipos, perdidas por transporte o costes de mantenimiento de los equipos.

La presión de salida de la red de 12 bares ya se reguló como medida de ahorro a unos 9 bares, a la entrada de la instalación se miden 8,7 bares. La presión de llegada de la línea de 6 bares es de unos 7,1 bares. En la siguiente fotografía se muestran los manómetros digitales y los contadores con las presiones medidas a la entrada al HIP de la instalación.



Ilustración 4.13 - Contadores y manómetros de 6 y 12 bares

Se realiza un estudio teórico de la potencia empleada en los compresores para la compresión de aire a una determinada presión de trabajo. Para ello se aplica la ecuación de trabajo reversible adiabático en un gas ideal en función de la presión inicial y final.

$$w_a = c_p \cdot T_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{P_s}{P_0} \right)^{R/c_p} \right]$$

Siendo P_0 , la presión de entrada, y P_s , la presión de salida del compresor.

Los compresores empleados en Volkswagen Navarra son de dos etapas, es decir el aire pasa por dos compresores conectados en serie antes de alcanzar la presión deseada. Para calcular el trabajo realizado por ambos compresores debemos calcular la presión óptima intermedia, para ello calculamos el mínimo trabajo, derivando la ecuación del proceso de compresión.

$$w_a = w_1 + w_2 = c_p \cdot T_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^{R/c_p} \right] + c_p \cdot T_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{P_s}{P_i} \right)^{R/c_p} \right]$$

$$\frac{dw_a}{dP_i} = 0 \quad \rightarrow \quad P_i = \sqrt{P_0 \cdot P_s}$$

Si sustituimos P_1 , obtenido podemos calcular la presión de trabajo, para un compresor de dos etapas:

$$w_a = 2 \cdot c_p \cdot T_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{P_s}{P_0} \right)^{R/2 \cdot c_p} \right]$$

La ecuación para compresores de más etapas es la siguiente (r - número de etapas en el compresor):

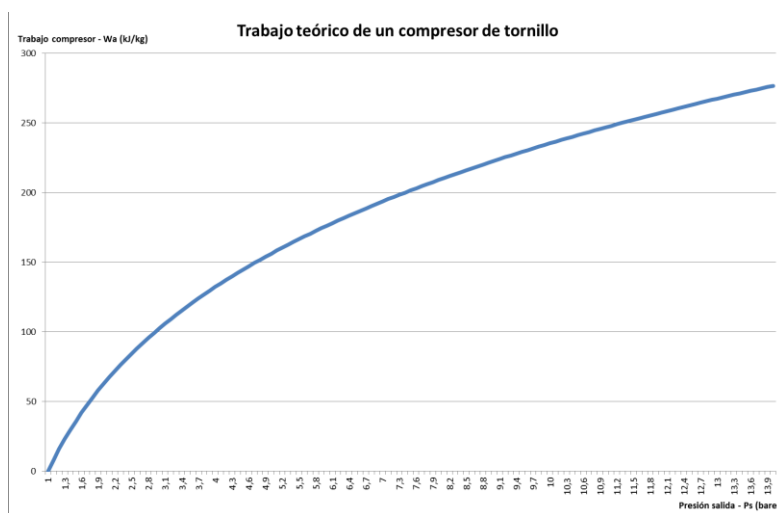
$$w_a = r \cdot c_p \cdot T_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{P_s}{P_0} \right)^{R/r \cdot c_p} \right]$$

Empleamos los siguientes valores para calcular el trabajo del compresor teórico en función del flujo másico, los resultados obtenidos se dan en kJ/kg. Si multiplicamos los resultados obtenidos por el flujo másico comprimido, obtendremos la potencia del compresor.

$$T_1 = 300 \text{ K} \qquad c_p = 1,005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \qquad P_0 = 1 \text{ bar}$$

$$\bar{R} = 8,314 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K} \qquad PM_{aire} = 28,9 \text{ kg/kmol}$$

La siguiente gráfica representa el trabajo realizado por el compresor en función de la presión de salida:



Gráfica 4.4 - Relación teórica de presión de salida y potencia en compresor de tornillo de dos etapas

Como se especifica anteriormente la presión actual de salida de los compresores en la línea de 6 bares es de 7.5 bares, por lo tanto se calcula el porcentaje de ahorro bajando la presión un bar, se obtiene los siguientes resultados:

$$\begin{array}{l}
 w_1(P_3 = 8 \text{ bar}) = 209,03 \text{ kJ/kg} \\
 w_2(P_3 = 7 \text{ bar}) = 193,65 \text{ kJ/kg}
 \end{array}
 \longrightarrow
 \text{\% ahorro} \simeq 7,5 \%$$

Esto muestra el ahorro en función del caudal másico pero en Volkswagen Navarra todo se calcula en función del caudal volumétrico por lo que debemos tener en consideración la densidad del aire que será mayor con mayor presión. Como se demuestra en el apartado anterior *pérdidas por regulación de aire*, la densidad de aire son las siguientes:

$$\begin{array}{l}
 \rho(P_1 = 8 \text{ bar}) = 9,459 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho(P_2 = 7 \text{ bar}) = 8,273 \text{ kg/m}^3
 \end{array}
 \longrightarrow
 \rho_1/\rho_2 = 1,143$$

Por lo tanto aumenta el porcentaje de ahorro de los equipos:

$$\begin{array}{l}
 w_1 = 209,03 \text{ W/kg} \cdot \rho_1 = 209,03 * 1.143 \rho_2 \text{ W/m}^3 = 238,921 * \rho_2 \text{ W/m}^3 \\
 w_2 = 193,65 \text{ W/kg} \cdot \rho_2 = 193,65 * \rho_2 \text{ W/m}^3 = 193,65 * \rho_2 \text{ W/m}^3
 \end{array}$$

$$\text{\% ahorro} \simeq 23,378 \%$$

También se obtiene un ahorro indirecto en otros sectores como fugas, ahorro en equipos sobrealimentados o ahorros en mantenimiento. Los ahorros de mantenimiento son claros, los equipos sufren menos a menores presiones y pueden llegar a tener un mejor comportamiento al alimentarlo a menor presión como se refleja en el apartado “4.2.3. Usos de aire comprimido” de este proyecto.

Las fugas de aire dependen directamente de la presión de aire, el diámetro del orificio y el tiempo de alimentación de dicha fuga, por lo tanto reducir la presión de una fuga genera un ahorro claro, si esta reducción de presión se realiza desde el compresor, afecta a todo el sistema y por lo tanto, un ahorro en todas las fugas del taller.

Para realizar el cálculo se ha empleado la fórmula de Fleigner, la cual relaciona el caudal másico a través de un orificio en una tubería con la presión, la temperatura, sección del orificio, factor de forma y constante de Fleigner.

$$M = 0.5303 \cdot \frac{A \cdot c_{p1}}{(T_1)^5} \xrightarrow{\Delta P=1 \text{ bar}} \text{\% ahorro fugas} \simeq 15 \%$$

Al reducir la presión, se evita directamente la sobrealimentación en todos los equipos de la instalación, como se explica en el apartado anterior. Esto supone un ahorro indirecto de un alrededor de un 15% sobre las instalaciones actuales.

$$\text{\% ahorro en consumo} \simeq 15 \%$$

También existen pérdidas térmicas por regulación, la regulación a la entrada de las instalaciones es una buena medida para evitar grandes consumos en los equipos pero genera pérdidas al reducir la presión de los equipos, estas pérdidas generan grandes derroches

Si sumamos todos los ahorros producidos que afectan a la instalación, observamos el ahorro de esta medida en la línea de 6 bares de chapistería, partiendo del consumo y los costes del mismo en el año 2015.

	% Ahorro	€
Año 2015 - 6 bares	-	252.303,61 €
Ahorro directo compresores	22%	-55.506,79 €
Ahorro fugas y consumo	15%	-37.845,54 €
COSTES FINAL	-	158.951,27 €
AHORRO	37%	93.352,34 €

Tabla 4.20- Ahorro bajada de presión en la instalación

4.4. Medidas de ahorro

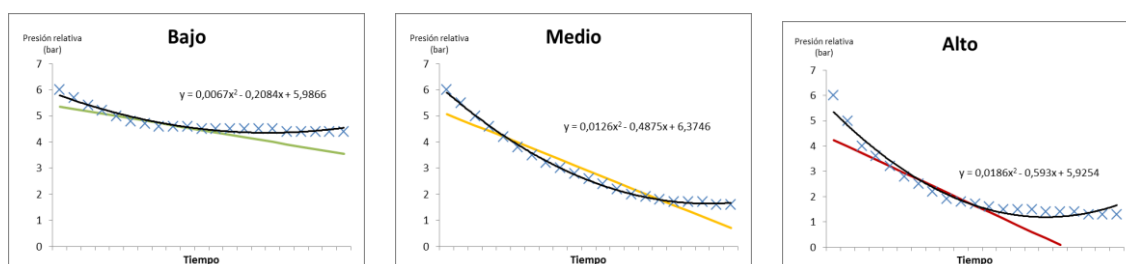
Analizando los derroches detectados en el taller se han desarrollado ideas para garantizar el correcto mantenimiento de las instalaciones de aire comprimido. Se han intentado ajustar las medidas a las posibilidades, capacidades y presupuesto del taller. Implementado aquellas que han sido viables económicamente.

4.4.1. Medición de fugas en instalación

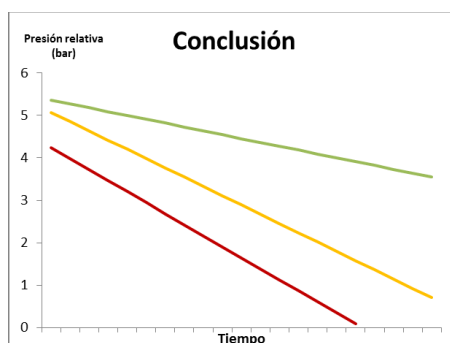
Se propone una medida de cálculo de fugas a máquina parada, para ello se debe cerrar por completo todas las salidas de aire y el suministro de aire en la instalación, quedando está completamente cerrada. Dentro de dicha instalación se coloca un manómetro que mide la presión de la instalación desde el tiempo de cerrado.

La presión de la instalación comenzará a caer de manera exponencial debido a las propiedades del aire, si la caída es rápida, podemos asegurar que el nivel de fugas es alto y si la caída es más lenta, el nivel de fugas será menor. Para ello se debe representar las presiones obtenidas con el tiempo e interpolar los valores a una función polinómica de segundo grado. Se hace pasar una recta por el punto elegido, $(t_0, f(t_0))$ dicha recta tendrá pendiente $f'(t_0)$.

La pendiente de dicha recta marcará el grado de fugas de la instalación a continuación se muestra gráficas con el concepto, representado diferentes situaciones.



Gráfica 4.5 - Caída de presión en bajo, medio y alto nivel de fugas en instalación



Gráfica 4.6 - Distintos niveles de fugas

Este proyecto no se ha llevado a cabo de manera práctica ya que requiere de manómetros digitales que envíen la información a los autómatas. Y hoy en día en VW Navarra no se dispone de estos equipos. Además se debería acondicionar la instalación para la prueba. Hoy en día, se dispone del modo Think Blue, al activarse deja todos los equipos sin consumo de aire y corta la entrada de aire, pero vacía de forma automática todo el aire de la instalación, por lo que no se podría realizar la prueba.

Este método de medición, requiere la instalación de:

- Instalación de manómetros digitales
- Programar la instalación para la realización del estudio

4.4.2. Generación de informes de consumo semanales

A día de hoy, 18/04/2016, todas las instalaciones contienen un caudalímetro a la entrada pero tan solo los de Elementos Móviles se pueden automatizar, de manera que podamos observar los consumos de forma digital. El consumo de dichos contadores se obtiene del ordenador instalado en la oficina de Mantenimiento Chapa que controla los autómatas de la instalación, estos datos se reciben divididos por zonas de la instalación y en formato de texto “.csv”, que es trabajado mediante Excel. Hoy en día, solo se encuentran automatizados los consumos de aire de la Puerta Anterior Izquierda de la Fábrica, nos centraremos en estudiar esta con el objetivo de implantarlo en todo el sistema.

Con el objetivo de obtener unos resultados más gráficos se han desarrollado una plantilla que reorganiza los datos de los archivos “.csv” recibidos desde el automático. Esta plantilla atribuye el consumo de cada hora a una única fila, asignándole su correspondiente fecha y hora. En cada fila tenemos los consumos de cada zona separados en 6 y 12 bares, y la media de su turno correspondiente, también se adjunta la producción en dicha hora. En la siguiente imagen se muestra la plantilla realizada.

Ilustración 4.14 - Plantilla elaborada para el control de consumos de aire

Con esta plantilla a su vez se ha realizado una segunda plantilla en la cual se calculan los ratios de cada una de las zonas de 6 y 12 bares. Debido al aumento significativo de los ratios con valores de producción bajos, se ha determinado un valor mínimo de producción, 10 puertas. En caso de no alcanzar esta producción el programa da un valor nulo a la celda correspondiente. A continuación se muestra la plantilla de ratios.

Ilustración 4.15 - Plantilla desarrollada para el cálculo de ratios

A partir de estas plantillas se elabora una hoja de Excel que recoge gráficas del comportamiento semanal, con esta plantilla se pretende realizar un informe que recoge los datos y algunos parámetros para poder entender el estado de la instalación. En el informe se adjuntan los valores totales de la instalación y luego este se divide por zonas. A continuación se muestra cada parámetro obtenido en los informes semanales.

Informe	Título	Descripción
	<p>Gráfica consumo 6 bar</p>	<p>Muestra el consumo de la red de 6 bares y la producción por hora y la media por turno, además del parámetro Think Blue y el objetivo fijado.</p>
	<p>Gráfica consumo 12 bar</p>	<p>Muestra el consumo de la red de 12 bares y la producción por hora y la media por turno, además del parámetro Think Blue y el objetivo fijado.</p>
	<p>Gráfica ratios 6 y 12 bar</p>	<p>Muestra los ratios obtenidos de 6 y 12 bar con la media de las últimas 8 horas.</p>
<p>Sobrecostes sobre el objetivo:</p> <p>€ 47,11</p> <p>Sobrecostes en %:</p> <p>37%</p>	<p>Indicadores de sobreconsumos</p>	<p>Indica los sobrecostes sobre el objetivo de la instalación. Económicos y porcentuales.</p>
<p>Avisos 6 bar:</p> <p>Lunes: Correcto</p> <p>Martes: Correcto</p> <p>Miércoles: Correcto</p> <p>Jueves: Correcto</p> <p>Viernes: Correcto</p> <p>Avisos 12 bar:</p> <p>Lunes: Correcto</p> <p>Martes: Correcto</p> <p>Miércoles: Correcto</p> <p>Jueves: Correcto</p> <p>Viernes: Correcto</p>	<p>Indicadores de aviso de ratios</p>	<p>Avisan de la revisión de la instalación en caso de aumentos de los ratios calculados, si no se introduce la producción este dato no se calcula.</p>
<p>Avisos:</p> <p>No se conecta el modo Think Blue.</p>	<p>Indicadores Think Blue</p>	<p>Muestran si se ha activado el modo Think Blue.</p>

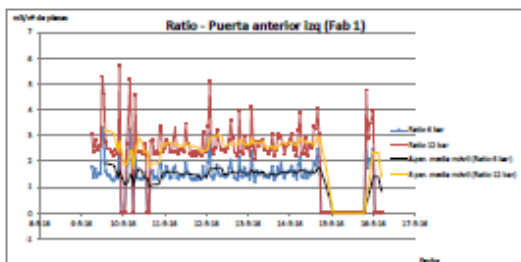
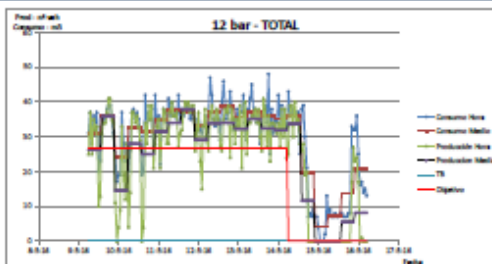
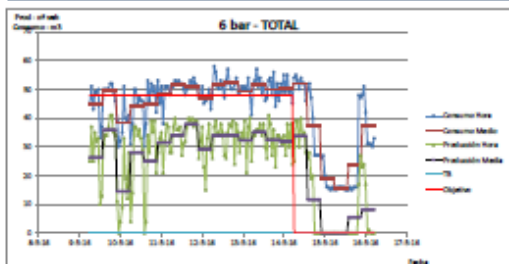
Tabla 4.21 - Parámetros de control de consumo de aire

A continuación se adjunta el informe generado, con el consumo total y por zonas de la instalación.



Control consumo de aire en Elementos Móviles
 Manufactura Chapistería
 Volkswagen Navarra S.A.

PUERTA ANTERIOR IZQUIERDA - FÁBRICA 1 SEMANA 19



Ratio semanal:

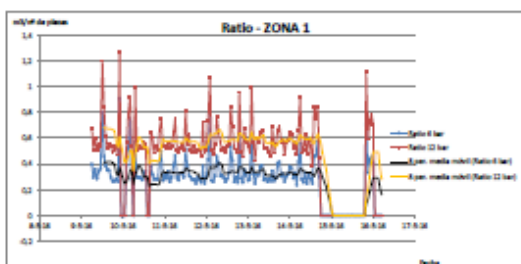
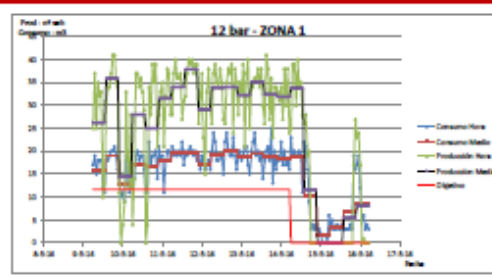
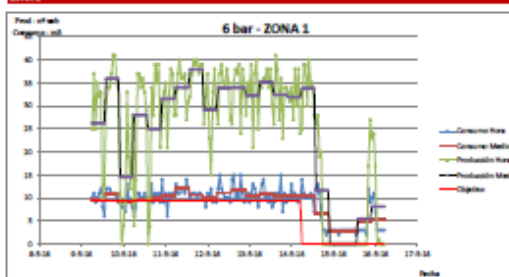
6 bar:	1,74827695	Substrucción sobre el objetivo:	2
12 bar:	1,32021008	Substrucción en %:	37%
TOTAL:	2,88888941		

Ratio de ancho:

Para 6 bar: 3,9
 Para 12 bar: 9

Accion 6 bar:	
Luces:	Control
Máquinas:	Control
Módulos:	Control
Carros:	Control
Flechas:	Control
Accion 12 bar:	
Luces:	Control
Máquinas:	Control
Módulos:	Control
Carros:	Control
Flechas:	Control
Accion:	
No se conecta el modo 7000 Blue.	

ZONA 1



Ratio semanal:

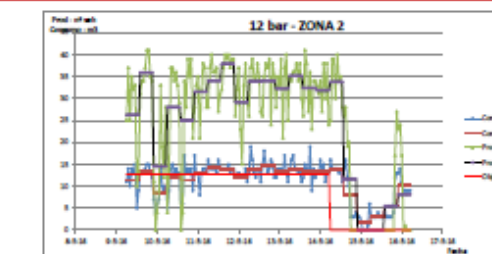
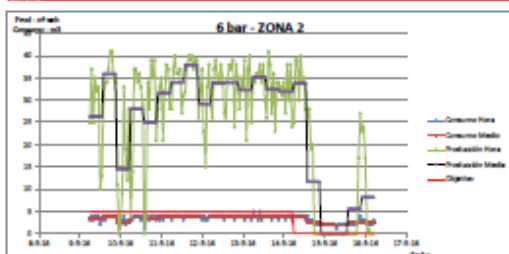
6 bar:	0,95962008	Substrucción:	6
12 bar:	0,81758883	Substrucción en %:	65%
TOTAL:	0,88860418		

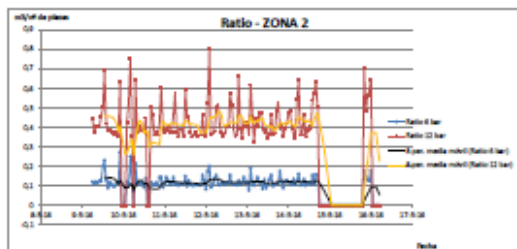
Ratio:

Para 6 bar: 0,38
 Para 12 bar: 0,8

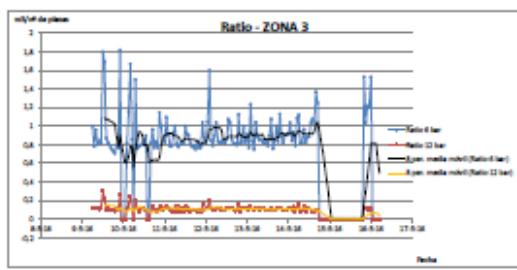
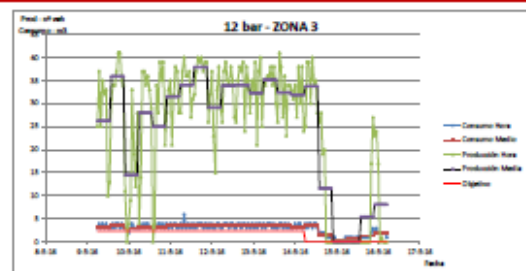
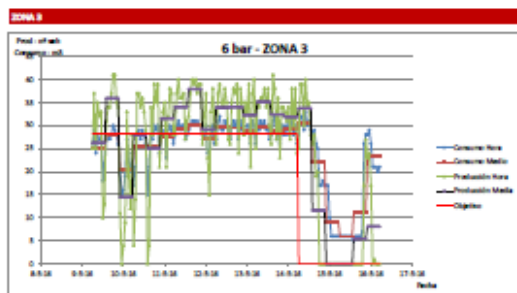
Accion 6 bar:	
Luces:	Control
Máquinas:	Control
Módulos:	Control
Carros:	Control
Flechas:	Control
Accion 12 bar:	
Luces:	Control
Máquinas:	Control
Módulos:	Control
Carros:	Se desactiva con el modo 7000 Blue.
Flechas:	Control

ZONA 2

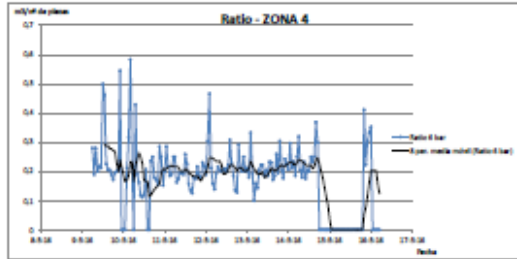
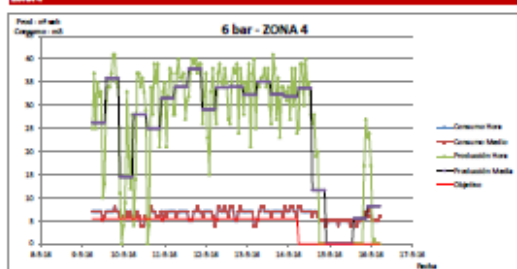




Resumen general	
E (kWh)	0,12000000
LT (bar)	0,08000000
PT (bar)	0,30000000
Reducción	
Reducción	4,87%
Reducción en %	25%
Resumen	
Fecha E (bar)	0,1200
Fecha LT (bar)	0,0800
Fecha PT (bar)	0,3000
Resumen 6 bar	
Lunes	Correcto
Martes	Correcto
Miércoles	Correcto
Jueves	Correcto
Viernes	Correcto
Resumen 12 bar	
Lunes	Correcto
Martes	Correcto
Miércoles	Correcto
Jueves	Correcto
Viernes	Correcto



Resumen general	
E (kWh)	0,08000000
LT (bar)	0,10000000
PT (bar)	0,10000000
Reducción	
Reducción	13,20%
Reducción en %	25%
Resumen	
Fecha E (bar)	0,1000
Fecha LT (bar)	0,1000
Fecha PT (bar)	0,1000
Resumen 6 bar	
Lunes	Correcto
Martes	Correcto
Miércoles	Correcto
Jueves	Correcto
Viernes	Correcto
Resumen 12 bar	
Lunes	Correcto
Martes	Correcto
Miércoles	Correcto
Jueves	Correcto
Viernes	Correcto



Resumen general	
E (kWh)	0,20000000
LT (bar)	0,20000000
PT (bar)	0,20000000
Reducción	
Reducción	4,87%
Reducción en %	81%
Resumen	
Fecha E (bar)	0,2000
Fecha LT (bar)	0,2000
Fecha PT (bar)	0,2000
Resumen 6 bar	
Lunes	Correcto
Martes	Correcto
Miércoles	Correcto
Jueves	Correcto
Viernes	Correcto
Resumen 12 bar	
Lunes	Correcto
Martes	Correcto
Miércoles	Correcto
Jueves	Correcto
Viernes	Correcto

Para el estudio de los ratios, se ha realizado un estudio estadístico, lo que realiza es una comparación de ratios de las semanas con mejor funcionamiento de la instalación. Se genera una distribución normal, que se emplea para fijar el objetivo de la instalación.

Se han eliminado el cálculo de los ratios inferiores a 10 puertas ya que disparan el valor calculado.

A continuación se ha realizado una tabla de valores que contiene la producción obtenida, la frecuencia y el ratio medio de dicha producción. En total se han analizado 361 ensayos.

Nº de puerta	Repetibilidad	Ratio medio
11	1	2,72727273
12	1	2,83333333
13	3	3,17948718
14	4	2,58928571
15	2	2,73333333
16	2	2,25
17	6	2,3627451
18	10	2,19444444
19	6	2,28070175
20	11	2,10909091
21	3	2,17460317
22	2	1,79545455
23	8	2
24	21	1,88690476
25	11	1,85454545
26	8	1,76442308
27	14	1,71428571
28	13	1,70879121
29	15	1,68965517
30	26	1,62051282
31	27	1,54599761
32	21	1,54017857
33	25	1,51151515
34	21	1,4789916
35	25	1,47885714
36	15	1,41481481
37	29	1,4193849
38	12	1,39254386
39	13	1,36094675
40	3	1,375
41	3	1,3495935

Tabla 4.22- Probabilidad binomial de datos

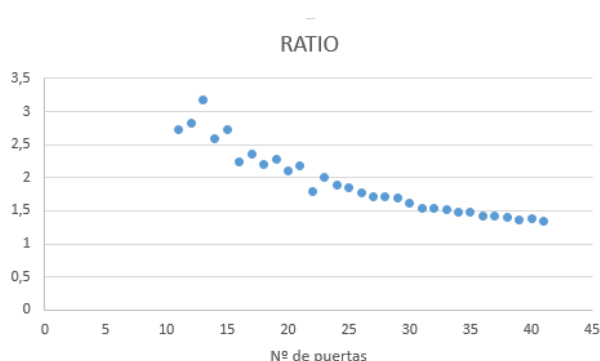


Tabla 4.23 - Gráfica ratio contr producción

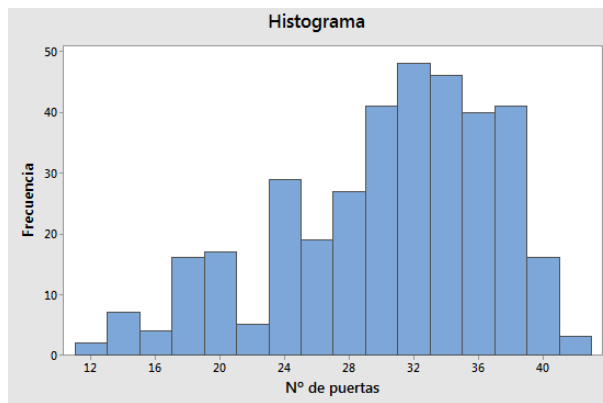


Tabla 4.24 - Histograma producción semanas 8, 9 y 10

Como se puede observar, el ratio depende del valor de producción por lo tanto no se puede asimilar a una distribución normal. Si se desea asimilar a una distribución normal hay que realizar un estudio de las producciones más repetidas por separado, siguiendo una distribución normal. Para ello se realiza un estudio partiendo del valor medio y ampliando el rango de valores, como se observa al aumentar el rango de valores la estadística pierde normalidad. Esto se demuestra con el p-valor.

Probabilidad normal para ratios con producción de 31 puertas:

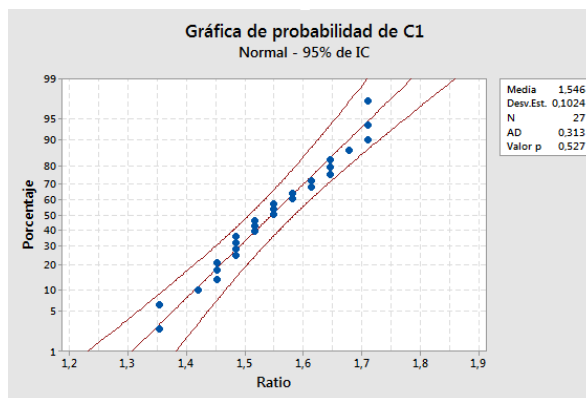


Tabla 4.25 - Distribución normal prod 31

Probabilidad normal para ratios de producción 30, 31, 32.

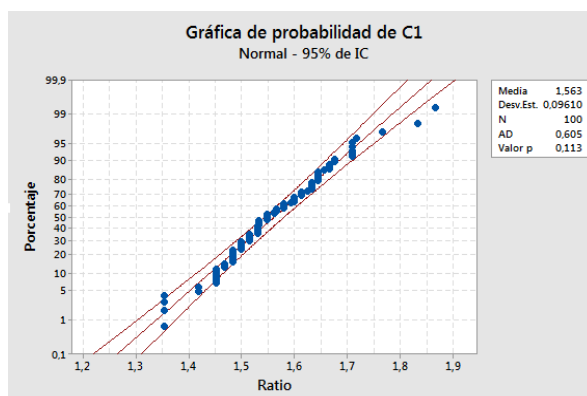
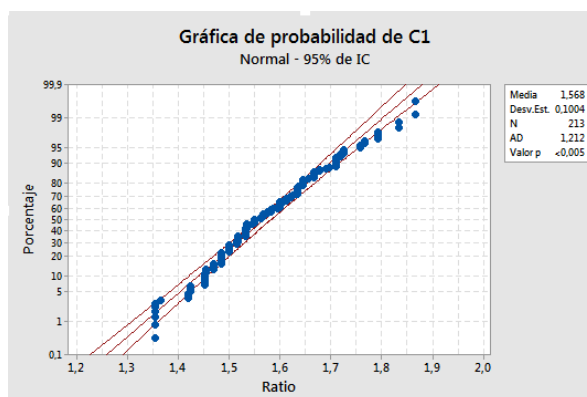


Tabla 4.26 - Probabilidad normal prod 30,31 y 32

Se observa que la normalidad disminuye al aumentar el rango de valores en la medición, esto se observa en el p-valor que cuanto mayor sea, la distribución se aproxima más a una normal. En la siguiente gráfica se aumenta el rango de valores a 5, e p-valor pasa a ser muy pequeño y por lo tanto no se puede asumir normalidad.



Se realiza el mismo estudio para el rango de valores (27, 28, 29) y (33, 34, 35).

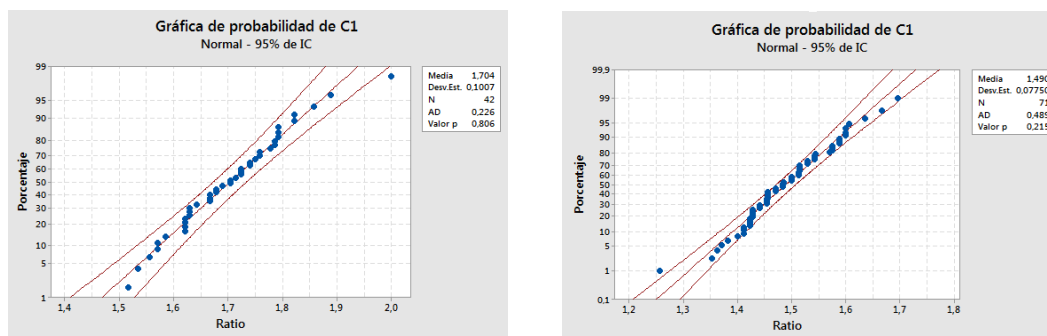


Tabla 4.27 - Probabilidad normal de intervalo de prod 27-29 y 30-32

La normalidad se asegura si el p-valor es mayor de 0,1. Una vez comprobada la normalidad en los intervalos se calculan los valores de los indicadores. Para ello se

emplea la media y la distribución de los valores, y el programa estadístico R. Introduciendo el comando “qnorm”.

```
>qnorm(probabilidad, media, desviación típica)
```

Se obtienen los siguientes valores de aviso, se observa que el valor disminuye al aumentar la producción, como se refleja en el primer gráfico.

Intervalo	Confianza	Valor
27-29	0,95	1,905637
30-32	0,95	1,714433
33-35	0,95	1,617476

Tabla 4.28 - Valores de aviso con distribución normal

Como no se realiza un análisis de todos los valores, se ha calculado la probabilidad binomial, que muestra la probabilidad de que en un día se estudien valores del intervalo 27-32. El valor indicado en la tabla, es la probabilidad acumulada de los anteriores valores.

Nº valores	INTERVALO			
	27/28/29	30/31/32	32/33/34	27-34
0	0,05138112	0,00406436	0,005216499	2,4718E-08
1	0,21373901	0,02921528	0,035867926	6,6227E-07
2	0,45956616	0,10379167	0,122167547	8,5418E-06
3	0,69691651	0,24480256	0,277110085	7,0643E-05
4	0,86097843	0,43568316	0,476264675	0,00042103
5	0,94738094	0,63254955	0,671298824	0,00192729
6	0,98340456	0,79328948	0,822506334	0,00705349
7	0,99560065	0,8998627	0,917700027	0,02121998
8	0,99901287	0,95825516	0,967225367	0,0535729
9	0,99981156	0,9850212	0,988781223	0,11538641
10	0,99996929	0,99537322	0,996697426	0,21503404
11	0,99999572	0,99877034	0,999164104	0,35133367
12	0,99999949	0,99971924	0,999818341	0,51002353
13	0,99999995	0,99994509	0,999966195	0,66745059
14	1	0,99999084	0,999994637	0,8003847
15	1	0,99999871	0,999999279	0,89562867
16	1	0,99999985	0,999999919	0,95320612
17	1	0,99999998	0,999999992	0,98232575
18	1	1	0,999999999	0,99449611
19	1	1	1	0,99862653
20	1	1	1	0,99973628
21	1	1	1	0,99996346
22	1	1	1	0,99999675
23	1	1	1	0,99999986
24	1	1	1	1

Tabla 4.29 - Probabilidad binomial acumulada de obtener valores del intervalo

A continuación se muestra el historial desarrollado con sus respectivos filtros y gráficas. Las gráficas se separan en consumos y ratios y a su vez en zonas y totales.

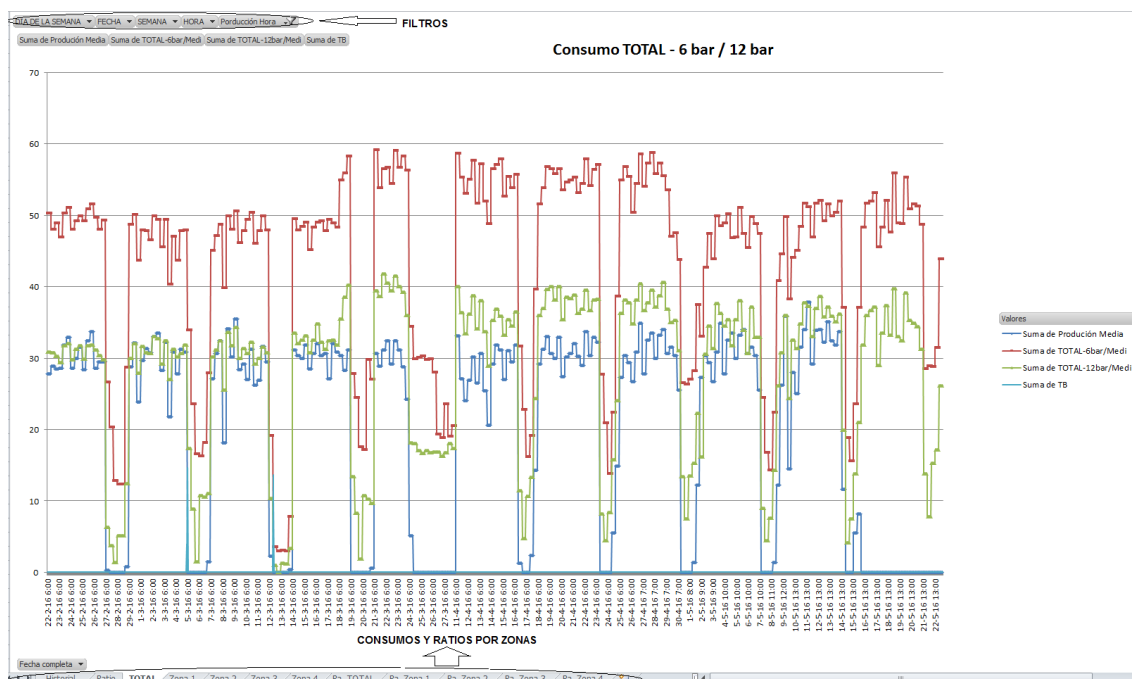


Tabla 4.30 - Gráficas de consumo total 6 y 12 bares

Esta es otra manera de estudiar y analizar los consumos, con el resto de semana, en el apartado de derroches energéticos, se emplean estas gráficas para explicar la importancia de regular la presión de aire a la entrada de la instalación.

Para conseguir elaborar informe de la manera más automática posible, se desarrolla una macro de Excel. La macro de Excel ha sido diseñada de acuerdo a las presentaciones que disponemos en el departamento. Para el desarrollo de la macro se requiere cargar los datos de la macro y cargar la producción. Se pretende descargar la producción de manera automática, pero no se dispone de esta información, la única forma de obtener la producción es mediante Pyman. Debido a ello, se desarrolla una hoja de Excel para cargar la producción de manera manual. Este es un punto que queda por mejorar.

Si se abre la Excel habilitada para macro con el nombre "Producción_Cargar.xlsm" obtendremos la siguiente imagen:



Ilustración 4.16- Imagen de la macro para la generación de informes

Aquí observaremos los últimos datos de producción cargados y las dos opciones que muestra, si deseamos cargar la producción, se debe descargar la producción del Pyman y rellenar la tabla. Una vez concluido, se clicca el cuadro de texto “CARGAR DATOS”, la pestaña cambiara y podremos revisar los datos cargados. Si no disponemos de la producción se clikea sobre la pestaña, “SIN PRODUCCIÓN”, obteniendo todo ceros. Esta es la pestaña que aparece en pantalla.

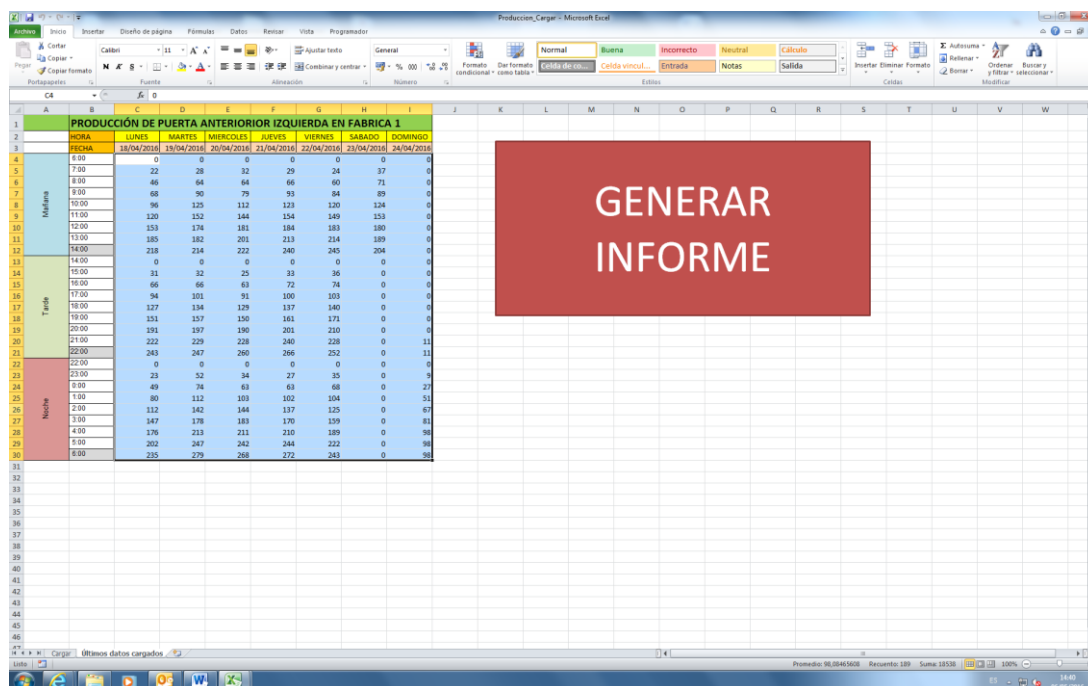


Ilustración 4.17 - Imagen de la Macro para la generación de informes

Una vez revisados los valores, debemos clicar sobre el cuadro de texto “GENERAR INFORME”, y comenzara a desarrollarse la macro. Esta macro genera el informe y carga el historial. Al concluir la macro se abrirá el informe elaborado en PDF, que se guardará con el nombre de la instalación y la semana del mismo en su carpeta correspondiente, y cargará el historial de la instalación que podremos encontrar en la carpeta Informes. Dentro de la misma carpeta, donde se ejecuta la macro. En el anexo se adjunta un manual para entender y ejecutar la macro realizada. A continuación, se explica la macro ejecutada paso a paso.

Explicación Macro

Para la realización de los datos se ha requerido la instalación de tres macros, las dos primeras son muy similares y están asociadas a un cuadro de texto cada una. La primera carga los datos introducidos en la hoja con la producción de la instalación y la segunda carga unos datos de producción nula. La explicación de las macros realizadas se adjunta en los anexos del proyecto.

Resumen

Este programa es una medida temporal para calcular el consumo de aire de una instalación para el proceso. Lo que se desea es realizar una aplicación que genere de forma automática todos los informes y no sea necesario, realizar proceso alguno para el cálculo de los consumos y ratios, es decir, que sea una aplicación de visualización.

Es muy importante que esta aplicación se extienda a todas las instalaciones de la nave, y poder observar de una manera visual y efectiva aquellas instalaciones con sobreconsumos de aire. Pudiendo realizar una revisión rápida y efectiva de aquellas instalaciones con sobrecostes o consumo inhabituales.

Para implantar esta nueva aplicación es esencial realizar una revisión de cada instalación, observando el consumo de aire de cada una de ellas e intentando optimizar dichos consumos. Con esta aplicación se consigue mantener un control exhaustivo de los consumos de aire de la instalación.

A. Festo

Festo es un proveedor mundial de soluciones de automatización mediante tecnología neumática, electrónica y redes para todo tipo de procesos y actividades industriales. Suministran desde componentes independientes a sistemas completos, así como asesoramiento y formación tecnológica y empresarial.

Con respecto al control del consumo de aire, Festo oferta un sistema de documentación sistemática de las fugas registradas. Esta aplicación tiene distintos parámetros cuyo objetivo final es garantizar el correcto mantenimiento de los sistemas. Este sistema es capaz de realizar los siguientes puntos:

- Indicación el lugar de las fugas
- Tamaño de dichas fugas en l/min
- Clasificación según el tamaño de las fugas
- Medidas de recuperación recomendadas
- Lista de repuestos
- Estimación del tiempo necesario de reparación
- Accesibilidad a las máquinas durante la producción
- Opciones de optimización

Estos son los principales indicadores que emplea el sistema para el cálculo de fugas y de pérdidas en la instalación.

- Potencia nominal del compresor
- Temperatura ambiente
- Altitud de la instalación sobre el nivel del mar
- Humedad del aire
- Carga de trabajo durante el tiempo de producción, en porcentaje
- Horas de funcionamiento
- Nivel de fugas
- Coste del aire comprimido

Con esta información realizan una estimación de costes energéticos y de reparación de fugas y malos usos de las instalaciones de aire. La documentación generada es sistemática de las fugas registradas, tamaño total de las fugas en l/min, proporción del tamaño de las fugas y un control de las instalaciones.

Además se realiza un informe donde se documenta, la indicación del lugar de las fugas, tamaño de las fugas, su clasificación, las medidas de reparación documentadas, la lista de repuestos, estimación del tiempo necesario, accesibilidad de las máquinas durante la producción, opciones de optimización.

Además genera gráficas de los principales indicadores.

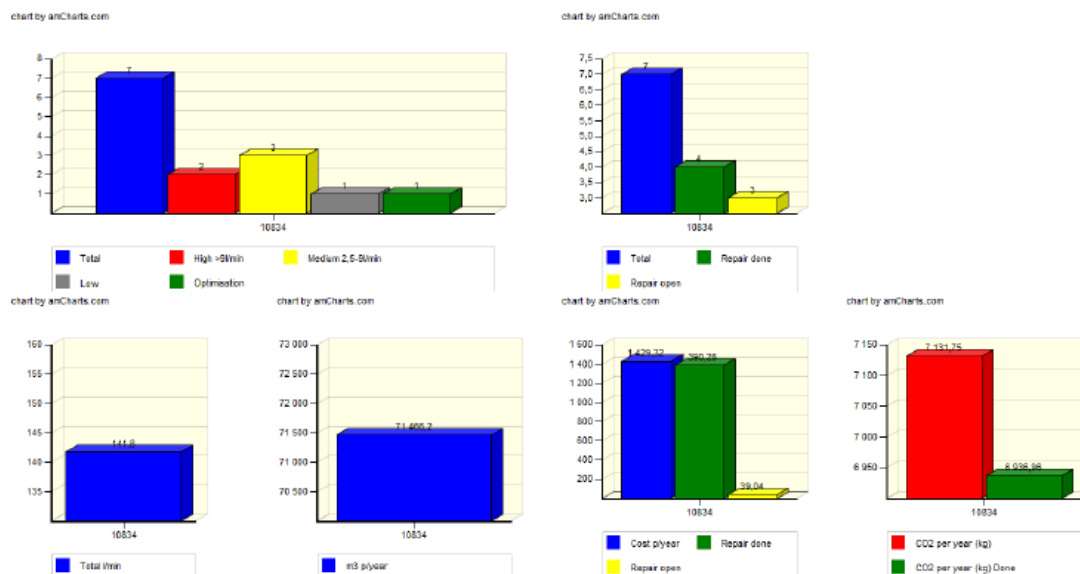


Ilustración 4.18 - Gráficos de control de aire Festo

Se adjunta en el anexo la documentación al respecto, donde se puede consultar la información de manera detallada.

4.4.3. Equipos de medición de fugas:

Con el objetivo de mejorar y optimizar el mantenimiento de las instalaciones de aire en el taller de Chapistería se ha analizado la compra de equipos de medición de fugas para ello se ha realizado un estudio de los distintos equipos empleados para detección de fugas. Es importante ser conscientes de que las fugas son uno de los mayores derroches en las instalaciones de aire comprimido según estudios realizados por distintos fabricantes de equipos neumáticos como Festo. Se estima que el 25% del aire generado es consumido por las fugas de la instalación.

Se plantea la detección de fugas por ultrasonidos que cubre un amplio rango de fugas, presión vacío y fugas de cualquier tipo de gas. Las fugas de aire generan sonidos de altas frecuencias debido al flujo turbulento producido por el movimiento del gas en el cambio de presión de la zona de alta presión a la zona de más baja. Utilizando las características del ultrasonido localizar fugas es una tarea rápida y sencilla con los correctos equipos:

- La direccionalidad de las ondas de sonido de alta frecuencia hacen a la fuente de sonido, localizable de una manera sencilla.
- Intensidad de la señal, aumenta la señal al acercar el equipo de medición al foco de sonido detectado.
- Frecuencia de detección ajustable, haciendo la prueba más efectiva en ambientes industriales con alto contenido de ruido ambiente.

A. Sonotec

Sonotec, una empresa alemana de fabricación de equipos de ultrasonido, con 25 años de experiencia en el desarrollo, producción y distribución mundial de productos de ultrasonido innovadores.

Sonotec ha detectado que las fugas de aire en tuberías dan lugar a fricciones internas y por lo tanto la emisión de ondas de ultrasonido. Estas ondas de ultrasonidos de alta frecuencia pueden ser localizadas de forma precisa mediante un sonómetro que trasforma estas ondas en señales audibles, con cascos, o señales eléctricas, en pantalla. El desgaste de cojinetes u otras piezas da lugar a fricciones que pueden ser detectadas con un detector de ultrasonidos.

Por lo tanto el equipo, presentado por Sonotec es capaz de medir y calcular las siguientes fugas:

- No tiene problema en detectar y localizar fugas de aire en sistemas y equipos de aire comprimido.
- Reconocer caídas de presión en equipos de aire comprimido o equipos de vacío, en lugares de difícil accesibilidad, para ello se emplea una sonda diferente.
- El control del correcto funcionamiento de entradas, válvulas, grifos de bola, condensadores, secadores y más equipos. Se consigue un control rápido y efectivo.



Ilustración 4.19 -
Fugas

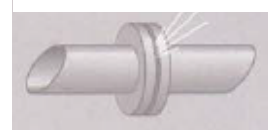


Ilustración 4.20 -
Juntas



Ilustración 4.21 -
Válvulas y grifos

Estos equipos tienen por objetivo el ahorro de energía en fábrica o en equipos. Se puede emplear para la comprobación de fugas en tuberías de aire, el correcto sellado de las conexiones de aire o falta de aire en la inyección en equipos. También se pueden emplear estos equipos para comprobar la correcta fabricación de los vehículos, con el correcto funcionamiento de los equipos de aire comprimido o inyecciones de fluidos en motores o más piezas.

El sonómetro empleado para la medición, consta de varios elementos que facilitan la medición, en la siguiente fotografía se muestra el maletín de suministro.



Ilustración 4.22 - Maletín de Sonómetro Sonotronic

A continuación se especifica las aplicaciones del sonómetro:



Ilustración 4.23 - Sonómetro Sonotronic

El objetivo de esta herramienta es facilitar y ampliar el número de fugas de la instalación. De esta manera se logra una mayor eficiencia en las instalaciones de aire, eliminando derroches. Económicamente, se reduce el consumo de aire comprimido de la instalación y en consecuencia el gasto en el mismo. Además se consigue mayor rapidez en la detección de las mismas, mayor eficacia, reduciendo los costes de reparación. A continuación se realiza una estimación del ahorro en el gasto de aire que se puede alcanzar con este artilugio, para ello se ha empleado el coste en aire comprimido del año 2015 y se realiza una estimación de ahorro.

Se adjunta el catálogo de Sonotonic con las especificaciones del producto en el anexo del proyecto.

B. SKF

SKF es un proveedor de tecnología líder en todo el mundo desde 1907. Su objetivo como empresa es desarrollar continuamente tecnologías y utilizarlas en la fabricación de productos que ofrecen ventajas competitivas. El objetivo actual se centra en la reducción del impacto medioambiental de los activos durante su ciclo de vida, con este objetivo comercializan un detector ultrasónico de fugas de aire, de detección rápida y sencilla.



Ilustración 4.24 - Sonómetro SKF

El detector ultrasónico de fugas TMSU 1 de SKF es un instrumento sensible, de alta calidad y fácil de usar que permite detectar fugas de aire por medio de ultrasonidos. Las fugas están causadas por el flujo de líquido desde un entorno de alta presión hasta un entorno de baja presión, lo que crea turbulencia. La turbulencia genera sonidos de alta frecuencia (llamados ultrasonidos) que pueden ser detectados por el equipo de detección de fugas de aire TMSU 1. El cristal piezoeléctrico sensible del sensor permite al operario guiar rápidamente el instrumento hasta el punto con un sonido más alto, lo que ayuda a localizar la fuga.

El SKF TMSU 1 incluye un detector ultrasónico de fugas de aire, auriculares, boquilla de goma y pilas, todo ello en un resistente maletín de transporte.

- Su diseño compacto y ligero permite el uso con una sola mano

- Fácil de usar y de operar, no requiere capacitación especial
- Altamente confiable, ayuda a identificar la posición exacta de la fuga
- Valioso instrumento para mejorar la sostenibilidad de la maquinaria.
- Al identificar las fugas de aire y repararlas, se reduce significativamente el consumo energético
- El sensor montado en un tubo flexible ayuda a llegar a áreas de difícil acceso
- Auriculares de excelente calidad para una calidad de sonido óptima, incluso en entornos muy ruidosos; sirven también como protectores de oídos
- Amplio rango de temperaturas de funcionamiento, adecuadas para diversos entornos industriales

Se adjunta en el anexo el catalogo del producto.



*Ilustración 4.25 –
Maletín sonómetro SKF*

5. Estudio de ahorro energético en los equipos de masilla del taller de chapistería:

En la industria del automóvil se emplean con frecuencia sistemas de aplicación de adhesivos insonoros o sellantes.

Existen diferentes tipos de estos productos, a los que llamamos masillas, de diferentes colores (negra, verde, naranja, etc...), de diferentes viscosidades (poco viscosa, muy viscosa) y con diferentes propiedades (adhesivas, insonoras y sellantes).

A la hora de aplicar la masilla, lo más importante es la viscosidad de esta. Una masilla poco viscosa fluye a través de los diferentes componentes del equipo de aplicación y una masilla muy viscosa fluye con mucha dificultad por lo que es complicada su aplicación. Para poder aplicar la masilla que es muy viscosa, lo que tenemos que hacer es calentarla, a una temperatura, ya que el efecto produce el calor sobre el material es hacerlo más líquido y por lo tanto menos viscoso.

Es importante tener en cuenta que la temperatura a la que tenemos que calentar es la que marca el fabricante, ya que si calentamos poco no conseguiremos reducir la viscosidad y si calentamos en exceso tampoco es bueno para la calidad de la aplicación.

En chapistería Volkswagen podemos encontrar los siguientes tipos de masillas, todas ellas con diferentes propiedades, viscosidades y colores:

- Masilla negra poco viscosa
- Masilla negra muy viscosa
- Masilla verde poco viscosa
- Masilla verde muy viscosa
- Masilla azul muy viscosa
- Masilla naranja muy viscosa

5.1. Equipos de masilla:

Los equipos se encargan de bombear el material desde el bidón, dosificarlo y realizar la aplicación sobre la pieza.

Generalmente, la pistola colocada en un poste fijo y es el robot el que lleva la pieza a la pistola para aplicar el material. También hay pistolas que van instaladas en los

robots y equipos con pistolas manuales accionadas por un operario, pero estas son menos comunes.

En los sistemas automáticos, el robot es el que determina el lugar donde se aplica la masilla y la trayectoria del cordón, y desde el control se regula la cantidad suministrada. Los sistemas dependiendo del tipo de material, pueden ser de dos tipos calefactados o no calefactados. Los calefactados se emplean para materiales altamente viscosos y con todos los tramos calentados desde la absorción del bidón. Los no calefactado solo se aplica temperatura en el último tramo, estos son los equipos empleados para masillas con mayor viscosidad. Todos los componentes calefactados se encuentran regulados y en caso de no alcanzar la temperatura establecida o ser inferior a esta, el equipo completo se detiene hasta estabilizar las temperaturas.

Cuando el material que se tiene es de una viscosidad o densidad baja, a temperatura ambiente, no necesitaremos calentarlo para hacerlo más fluido y poder aplicarlo. Por el contrario, cuando se trata de un material muy denso o viscoso, a temperatura ambiente, para bombearlo hasta el dosificador y poder aplicarlo necesitaremos calentarlo.

Los sistemas de calefactado de masilla, son suministrados por SCA, y constan de los siguientes elementos:

- Conjunto de bomba de bidón y control PCU
- Dosificador
- Pistola
- Mangueras, tuberías
- Armario de sistemas
- Armario de calefacciones
- Grupo hidráulico

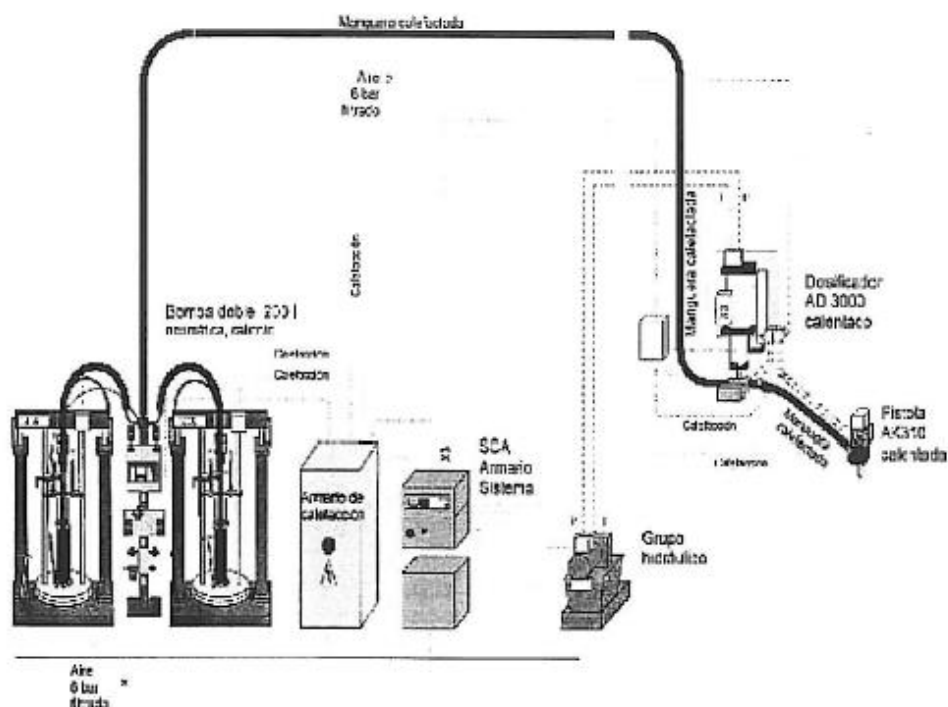


Ilustración 5.1 - Componentes equipo masilla SCA

5.1.1. Conjunto bomba bidón

El objetivo de la bomba es enviar la masilla desde el bidón, a través de las tuberías, hasta el dosificador.

La bomba de aspiración para materiales altamente viscosos. Se compone principalmente de una bomba inferior (bomba de material) y de un accionamiento mecánico. Esta bomba aspira material tanto si subo como si baja. El accionamiento se ha construido como una marcha automática, esto significa que, en el momento de dar presión neumática la bomba se pone en marcha y cambia automáticamente la dirección de la carrera al llegar al punto máximo o mínimo. Este cambio de sentido se consigue mediante dos finales de carrera neumáticos que son accionados por una leva que va fija al vástago de émbolo.

El conjunto bomba bidón contiene dos bombas, que garantizan la disponibilidad de material en todo momento en la fábrica. El conjunto de bombas incorpora también las válvulas y reguladores neumáticos para las bombas, los cilindros de elevación de las placas seguidora y la llave de bola. También va en el conjunto el armario de control del sistema de bombas PCU.

5.1.2. Dosificador

Existen dos tipos de dosificadores, uno de uso individual, que tiene más capacidad y se utilizan cuando hay que aplicar mucha cantidad de masilla, y los otros son las pistolas dosificadoras, en las que van unidas la pistola y el dosificador en un solo bloque.

El dosificador es el que se encarga de acumular el material proveniente de la bomba e inyectarlo en la cantidad y en el momento programado. Es un cilindro de doble efecto, en una de sus cámaras se acumula la masilla y la otra cámara, se accionada hidráulicamente cuando empuja el material hacia la pistola. De esta manera se consigue multiplicar la presión de salida de la masilla.

El aceite nos llega de la centralita a una servo válvula que, en función de la cantidad de corriente con la que accionemos su pilotaje eléctrico, abre más o menos la corredera de la válvula para conseguir la presión necesaria y así aplicar la cantidad de masilla que está programada.

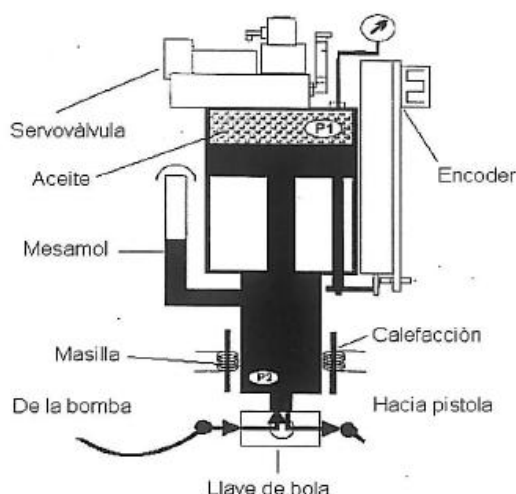


Ilustración 5.2- Dosificador individual

5.1.3. Pistola de masilla

Esta pistola se acciona neumáticamente, mediante un cilindro de doble efecto, que mueve una varilla, que es la que se encarga de abrir o cerrar el paso de masilla. Puede llevar o no calefacción, dependiendo del tipo de masilla a dosificar.

Cada pistola tiene una boquilla que determina la forma y el diámetro del adhesivo aplicado. Existen boquillas de diferentes formas y longitudes, esta también puedes estar calefactado o sin calefactar, por lo general suele casi siempre se encuentra calefactada.

5.1.4. Pistola dosificadora

La pistola dosificadora, como su mismo nombre indica, es un elemento del equipo en el que van unidos la pistola y el dosificador. También lleva incorporada la llave de bola o de paso. Es accionada hidráulicamente y con ella se pueden aplicar masillas de alta o baja viscosidad.

Debido a su función, está compuesto por un gran número de elementos que se indican en la siguiente imagen:

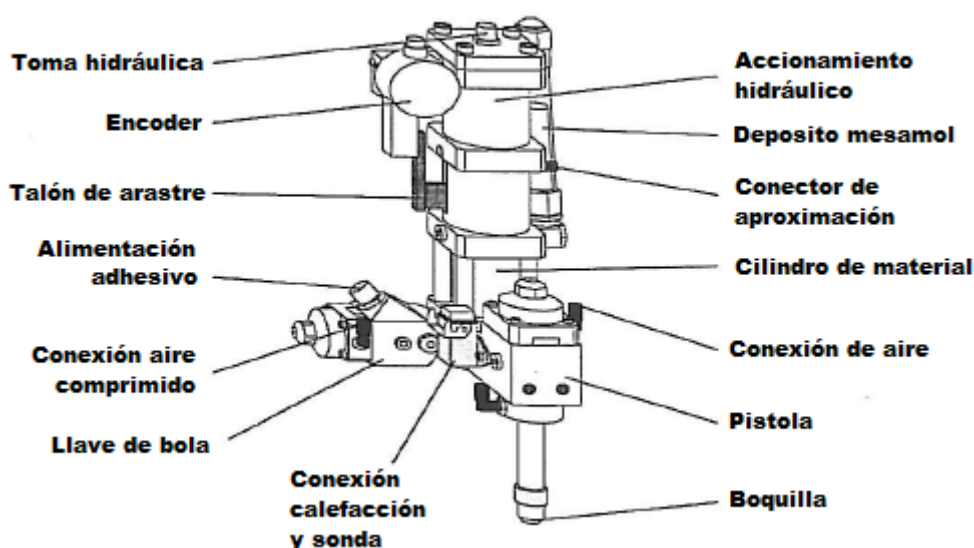


Ilustración 5.3 - Componentes de la pistola dosificadora

5.1.5. Controlador PCU

Todos los equipos de masillas constan con un controlador CPU, que garantiza el correcto funcionamiento de la bomba y avisa de posibles averías, mediante indicadores Led. Este controlador permite los siguientes modos de funcionamiento automática o manual, además de la opción del cambio de bidón.

Este controlador consta de distintas teclas de mando que controlan la desconexión del panel de control, las bombas 1 y 2, desconectar la calefacción o conectar el sistema hidráulico. También se puede observar el correcto funcionamiento o en su defecto, las averías y anomalías del equipo. Consta de un interruptor de llave que garantiza la seguridad del equipo y la selección del modo de trabajo. Existen indicadores Led que indican los equipos en funcionamiento o posibles averías, también tiene un semáforo que indica la posición del plato ante el cambio de masilla.

Se muestra el panel de control de la CPU de los equipos de masilla instalados en la nave de chapistería, en él se puede observar las distintas acciones que permite ejecutar.

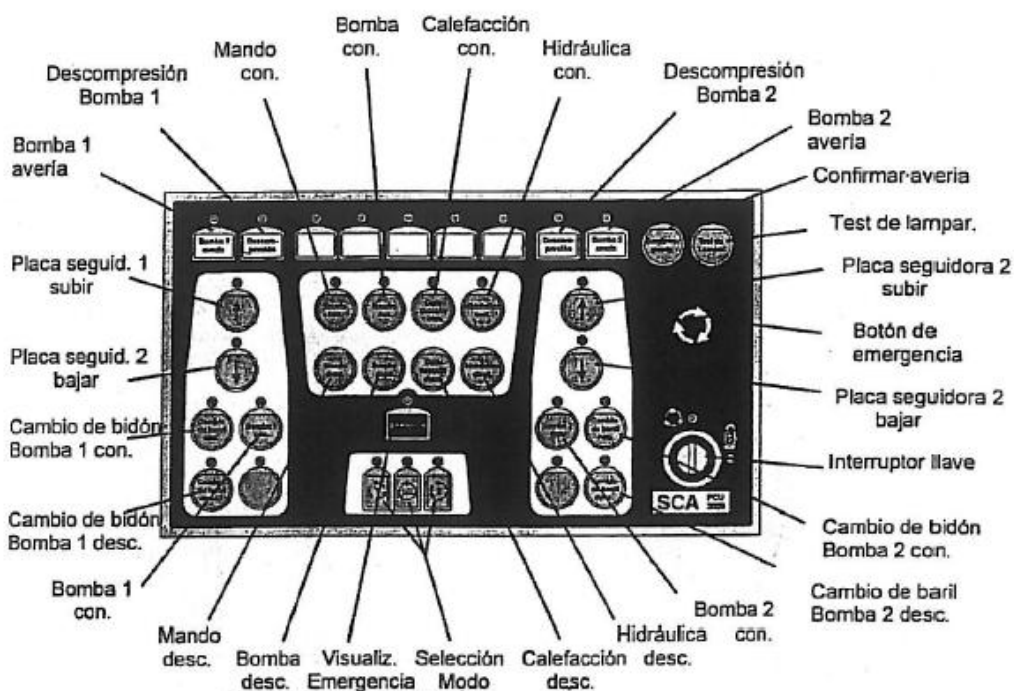


Ilustración 5.4 - Panel de control CPU de los equipos de masilla

5.1. Detección de derroches:

Se pretende realizar un estudio en los equipos de masilla para contabilizar el consumo eléctrico o del material empleado, así identificar derroches energéticos, estudiar nuevas medidas e implantarlas si estas fueran eficientes. Al igual que el estudio en aire comprimido, el estudio se centrará en los elementos móviles de la instalación que son los únicos que se mantendrán para el nuevo modelo A07.

5.1.1. Cámara termográfica

Se ha realizado un estudio con cámara termográfica de las temperaturas para detectar pérdidas térmicas en equipos de masilla. En las fotografías se observa que las zonas con mayor pérdida, debido a su elevada temperatura son del plato de la masilla que alcanza una temperatura cercana a los 45 °C. Con los planos de los equipos de masilla se ha estudiado la pérdida térmica teórica que puede sufrir este plato y el coste en el departamento.

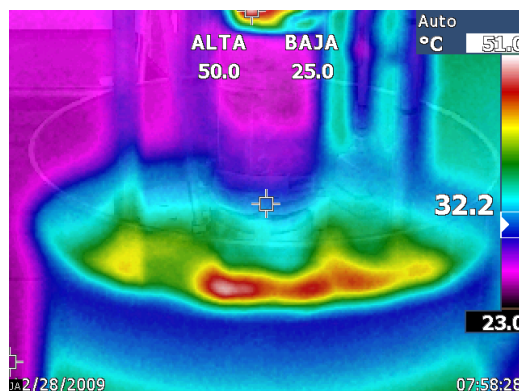


Ilustración 5.5 - Estudio de pérdidas térmicas de los equipos de masilla

El plato es la pieza más grande del equipo de masilla calefactada y por lo tanto la pieza con mayor consumo eléctrico. Estas piezas que tienen unas dimensiones en los cubos grandes de unos 600 mm y los pequeños de unos 400mm se calientan a una temperatura de unos 45°C. Aunque las temperaturas no son elevadas y las pérdidas en consecuencia tampoco, se ha realizado una estimación del coste que puede tener esta pérdida.

Para ello se ha empleado la ecuación de calor de convección, que relaciona el coeficiente de convección con el área del plato y las temperaturas del plato y del ambiente. Estimando un coeficiente de convección normal de $5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, que es un coeficiente normal para un metal con aire a temperatura ambiente. Para el cálculo de la pérdida energética se ha considerado todas las horas de producción de fábrica en un año.

$$q = h \cdot A \cdot (T_s - T_{amb})$$

Estas son las pérdidas estimadas:

Plato	Coef. Convección	Area	Tplato	Tambiente	Peridas (W)	Nº equipos	Perd. Año (kW)	€/año	Por equipo (€)
Grande	5	0,242000809	45	20	30,25010114	30	4682,715656	396,8601518	13,22867173
Pequeño	5	0,086963212	40	20	8,696321164	20	897,4603441	76,05976417	3,802988208
TOTAL							5580,176	472,919916	

Tabla 5.1 - Pérdidas por convección

Se observa que no son pérdidas considerables en el plato por lo que no se adoptan soluciones al respecto.

5.1.2. Contabilizar consumos

Con el objetivo de ser conscientes del potencial de ahorro de este sector se ha realizado un estudio del consumo energético que producen los equipos de masilla. Se han instalado unos relés que mediante los PC de la instalación permiten

contabilizar el consumo eléctrico de la instalación. Este estudio se ha centrado en los equipos de masilla calefactados desde su inicio.

En concreto se han estudiado dos equipos de la Puerta Anterior Izquierda de Elementos Móviles Fábrica 1. En este se aportan tres tipos de masilla, una verde no calefactada en el primer tramo como refuerzo de la cerradura y dos más en la zona 3 de la instalación. La primera negra perimetral y la segunda negra antisonora, estas calefactadas en todos los tramos. Se pretende realizar el estudio de los consumos de todos los equipos.

Mediante un relé y el Pc de la instalación, se calcula el tiempo de conexión de los distintos elementos de un equipo de masilla. Se conecta en el relé en paralelo al cable de alimentación de cada elemento del equipo de masilla, de esta forma cada vez que circule corriente por el cable de alimentación, el relé genera una señal, esta señal generada se envía a un módulo interbus de la instalación. Este módulo interbus se comunica con el autómata de la instalación, aquí se gestiona las señales obtenidas, contabilizando el número de conexiones en una hora y el tiempo de conexión a la hora. Los resultados obtenidos se han gestionado en el PC de la instalación. Día a día, se han ido analizando los distintos componentes de la instalación. Este es el relé empleado para la medición de consumos, marca Siemens como la mayoría de componentes electrónicos de la fábrica.



Ilustración 5.6 - Relé de Siemens, empleado para contabilizar el consumo

Con los tiempos recogidos cada día del PC de la instalación, se ha calculado el consumo de los equipos de masilla de la instalación.

CONSUMO MASILLAS, DETECCIÓN DE DERROCHES							
EQUIPO DE MASILLA							
Instalación	Equipo	Masilla	Consumo (días para cambio)		Nº de cubos	Costes kWh	
Puerta Anterior Izquier	Perimetral	AMV 167 S31 02	3,943183113		20	0,08475	
Componente	Potencia	Temperatura	Tiempo (min/h)	Wh/h	kWh/día	€/h	€/día
Plato	2250	40	10,5000	393,750	9,450	0,033370313	0,8008875
Bomba	650	40	1,3333	14,444	0,347	0,001224167	0,02938
Salida	500	40	12,7000	105,833	2,540	0,008969375	0,215265
Manguera	825	40	10,5000	144,375	3,465	0,012235781	0,29365875
TOTAL	4225 -	-	-	658,403	15,802	0,055799635	1,33919125
EQUIPO DE MASILLA							
Instalación	Equipo	Masilla	Consumo (días para cambio)		Nº de cubos	Costes (€/kWh)	
Puerta Anterior Izquier	Antisonora	AMV 153 W24 KT	12,04819277		30	0,08475	
Componente	Potencia	Temperatura	Tiempo (min/h)	Wh/h	kWh/día	€/h	€/día
Plato	3000	45	10,5000	525,000	12,600	0,04449375	1,06785
Bomba	650	45	1,3333	14,444	0,347	0,001224167	0,02938
Salida	500	45	12,7000	105,833	2,540	0,008969375	0,215265
Manguera	825	45	10,5000	144,375	3,465	0,012235781	0,29365875
TOTAL	4975 -	-	-	789,653	18,952	0,066923073	1,60615375
CONSUMO TOTAL EN ESTOS EQUIPOS DE MASILLA							
Equipo	kWh/día	€/día	Nº de equipos		Consumo año (kWh)	Costes año (€)	
Perimetral AMV 167 S31 02	15,80166667	1,3392	20		69527,33	5892,44	
Antisonora AMV 153 W24 KT	18,95166667	1,6062	30		122238,25	10359,69	
TOTAL	34,75333333	-	50		191765,58	16.252,13 €	

Tabla 5.2 - Consumos equipos de masilla calafateados hasta colector

Aquí tenemos una estimación económica de los costes en el calentamiento de masilla en el tramo anterior al colector intermedio de los equipos de masilla de toda la nave actual de la nave. En este estudio, se analizan un total de 50 equipos que cumplen con las siguientes condiciones calefactables antes del tramo intermedio. En la siguiente imagen se muestran los componentes estudiados del equipo de masilla.

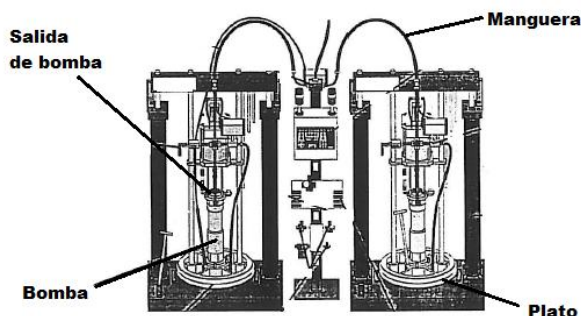


Ilustración 5.7 - Elementos de masilla estudiados

5.1.3. Cambio de bidón:

Se ha detectado que al realizar el cambio de bidón de manera automática los equipos se conectan antes de lo necesario, ya que el tamaño de los sensores en los equipos es más grande de lo requerido. Esta medida se estudia de acuerdo a un Excel, facilitado por Mantenimiento Chapistería donde se muestra el consumo de los equipos de masilla.



Ilustración 5.8 - Detectores de cambio de bidón VW Navarra

Con el consumo de Masilla y conocido el tamaño de los bidones, podemos calcular el tiempo que transcurre en pasar por ambos sensores de masilla para activar el calentamiento del segundo bidón y para activar el funcionamiento del segundo bidón.

CÁLCULO DE DERROCHES EN SENSORES DE EQUIPOS DE MASILLA

Nº equipo	Intalación	Zona	Masilla	Color	Volumen	Peso de masilla	Consumo teórico	Consumo bomba	Dosificador	Densidad
63	Capo	Interior + Refuerzos Capó + Cerradura	AMV 153 W24 KT	Negra	200	280	80,62	81	330	2
66	Portón	Interior	AMV 153 T04	Negra	200	280	56,09	28,5	15	2
67	Puerta Anteri	Perimetral	AMV 167 S31 02		67,5	45	9,13	12,6	80	1,19
76		Cintura + barra de seguridad	AMV 153 W24 KT	Negra	200	280	8,74	16,3	80	2
69	Puerta Anteri	Perimetral	AMV 167 S31 02		67,5	45	9,13	13,7	80	1,19
75		Cintura + barra de seguridad	AMV 153 W24 KT	Negra	200	280	8,74	16,6	80	2
71	Puerta Poste	Perimetral	AMV 167 S31 02		67,5	45	3,69	11,4	80	1,19
78		Cintura + barra de seguridad	AMV 153 W24 KT	Negra	200	280	6,26	10,5	80	2
73	Puerta Poste	Perimetral	AMV 167 S31 02		67,5	45	3,69	11,2	80	1,19
77		Cintura + barra de seguridad	AMV 153 W24 KT	Negra	200	280	6,26	9,76	80	2

Cantidad usada	Peso en gr	Coches	kg en 700 coches	Días cambiar	Tamaño cubo (mm)	Dist. Sensores Cubo	Tiempo cambio (h)	Horas de cambio	Nº cambios al año	Ahorro (h)	Dist (cm)
81	162	1728,39506	113,4	2,4691358	660	35	3,14253648	1,5	87,075	286,047727	16,70625
28,5	57	4912,2807	39,9	7,01754386	660	27	6,88995215	1,5	30,6375	330,269318	5,878125
12,6	14,994	3001,20048	10,4958	4,28742926	530	27	5,24198898	1,5	50,1466	375,296049	7,726075
16,3	32,6	8588,95706	22,82	12,2699387	660	27	12,0468489	1,5	17,5225	369,614318	3,361875
13,7	16,303	2760,22818	11,4121	3,94318311	460	27	5,55474491	1,5	54,5244778	442,165697	7,29106389
16,6	33,2	8433,73494	23,24	12,0481928	660	27	11,8291347	1,5	17,845	368,646818	3,42375
11,4	13,566	3317,11632	9,4962	4,7387376	530	27	5,79377729	1,5	45,3707333	389,623649	6,99025833
10,5	21	13333,3333	14,7	19,047619	660	27	18,7012987	1,5	11,2875	388,319318	2,165625
11,2	13,328	3376,35054	9,3296	4,82335791	460	27	6,79464332	1,5	44,5747556	472,014864	5,96057778
9,76	19,52	14344,2623	13,664	20,4918033	460	27	28,8667142	1,5	10,492	574,26313	1,403

Tabla 5.3- Consumos de los componentes calefactados antes del colector

Calculo del derroche energético:

SOBRECOSTES CAMBIO DE BIDÓN				
Tipos de bidon	Horas de ahorro	Coste hora	Costes/año	MW/año
Bidones 200L	2317,16063	0,06692307	129,30 €	
Bidones 67,5 L	1679,100259	0,05579964	93,69 €	
TOTAL(€)			222,99 €	
TOTAL 2 intalaciones (€)			445,98 €	
TOTAL Taller (€)			997,83 €	11,77

Tabla 5.4 - Cálculo de pérdidas económicas en el cambio de bidón

Aquí se muestran los cálculos realizados mediante a una Excel, con ello se obtiene el derroche al año en el taller debido a este motivo. La solución adoptada, consiste en fresar las chapas donde se encuentran instaladas las detecciones para conseguir un mayor ajuste en el cambio, y evitar derroches energéticos.

La separación entre los detectores calculada para el cambio de bidón es de una hora y media, según el fabricante de masillas esta debería comenzar a calentarse unos 45 min antes, se considera este tiempo como margen de seguridad y para garantizar la calidad siempre del producto final. Los bidones con mayor consumo se han dejado un margen de seguridad de 2 y media, ya que estos bidones, debido a los plásticos de recubrimiento del bidón con el cual vienen suministrados muchas veces generan pliegues que provocan caídas rápidas en los platos provocando un cambio de bidón rápido. En estos casos, no es necesario realizar el fresado de las chapas porque la separación seria mayor a la del tamaño de las chapas.

5.2. Medidas de ahorro

5.2.1. Fresado de chapa de detección

Para solucionar las pérdidas en los equipos de masilla a la hora del cambio, se propone realizar un fresado en las chapas de detección de esta manera se consigue ajusta el cambio de bidón de los equipos. Esta medida no genera gran ahorro energético pero es característico que los nuevos equipos de masillas traen las chapas fresadas como se muestra en la siguiente fotografía. Los costes de fabricación son los mismos ya que realizar un segundo fresado a una chapa de estas dimensiones no tiene casi coste y se puede realizar con la maquinaria de Mantenimiento Chapistería.



Ilustración 5.9 - Chapa de detección de cambio de bidón fresada

5.2.2. Aislante en los equipos en los platos de masilla

Esta es una medida planteada al principio del periodo de prácticas, se ha demostrado que no es rentable ya que las pérdidas producidas son insignificantes y el coste de los aislantes no es proporcional a la pérdida de calor producida en el plato. Se desestima esta medida.

6. Presupuesto

6.1. Aire comprimido

Una de las medidas aprobadas en Mayo 2016 como proyecto Think Blue de la fábrica fue la compra de diferentes equipos para mejorar la eficiencia energética en los equipos de aire comprimido del taller de Chapistería. Se ha aprobado la compra de un Sonómetro de medición de fugas marca Sonotec de Disheco, una Licencia de un portal informático de control de fugas “Energy Saving Assessment Portal” de Festo y cursos de formación para el personal de Mantenimiento de Festo. Todo ello pretende mejorar la detección de fugas en el taller.

Se presenta la inversión realizada por la empresa.

Sonómetro

Nº	DENOMINACION	REFERENCIA	REFERENCIA PROVEEDOR	CANT	PROVEEDOR	PRECIO/ UNIDAD	TOTAL
1	SONÓMETRO + SET DETECCIÓN L50	700 01 0277	700 01 0277	1	DISHECO (SONOTEC)	2094,75	2094,75
2	PALPADOR L51 PARA INSPECCIÓN DE VÁLVULAS	100 01 0149	100 01 0149	1	DISHECO (SONOTEC)	362,25	362,25
3	PALPADOR L53 PARA TUBERÍAS DE DIFÍCIL ACCESO	100 01 0151	100 01 0151	1	DISHECO (SONOTEC)	446,25	446,25
						TOTAL	2903,25

Tabla 6.1 - Inversión Sonómetro

Licencia portal “Energy Saving Assessment Portal”

Nº	DENOMINACION	REFERENCIA	REFERENCIA PROVEEDOR	CANTI DAD	PROVEEDOR	PRECIO/ UNIDAD	TOTAL
1	PORTAL FESTO	ENERGY SAVING ASSESMENT PORTAL	ENERGY SAVING ASSESMENT PORTAL	1	FESTO	1730,00	1730
						TOTAL	1730

Tabla 6.2 - Inversión Portal de control de aire

Formación

Nº	DENOMINACION	REFERENCIA	REFERENCIA PROVEEDOR	CANTI DAD	PROVEEDOR	PRECIO/ UNIDAD	TOTAL
1	CURSO FORMACIÓN Y TRAINING AHORRO ENERGÉTICO	ES/2131058935	ES/2131058935	3	FESTO	770,00	2310
						TOTAL	2310

Tabla 6.3 - Inversión curso de formación aire comprimido

La inversión total del proyecto Think Blue asciende a:

TOTAL MATERIAL	2.903,25 €
TOTAL ACCESO PORTAL	1.730,00 €
TOTAL FORMACIÓN	2.310,00 €
TOTAL	6.943,25 €

Tabla 6.4 - Inversión total del proyecto Think Blue

Se estudia también la amortización del proyecto con los datos de consumo del año 2015 de todo el taller. La amortización del proyecto se ha realizado con el consumo de Elementos Móviles del Taller.

	Nm3	Ratio energético (kWh/m3)	kWh
Consumo AC 6 bar 2015 nave 1	22151327	0,1344	2977138,349
Consumo AC 12 bar 2015 nave 1	11802803	0,01972	232751,2752

Tabla 6.5 - Consumo aire comprimido taller

Se considera el consumo del taller 1B, Elementos Móviles, supone aproximadamente la tercera parte del consumo total de la nave.

	Nm3	Ratio energético (kWh/m3)	kWh
Consumo AC 6 bar 2015 taller EE.MM	7383775,67	0,1344	992379,4496
Consumo AC 12 bar 2015 taller EE.MM	3934267,67	0,01972	77583,75839

Tabla 6.6 - Consumo de aire Elementos Móviles

Se considera un ahorro en el taller 1B, de un 10% del consumo del taller, que se ha demostrado en el taller que es un objetivo muy asequible a corto plazo.

	Nm3	Precio Nm3 (€)	Ahorro anual total (€)
Ahorro AC 6 bar taller EE.MM	738377,567	0,01139	8410,12
Ahorro AC 12 bar taller EE.MM	393426,767	0,01671	6574,16
		TOTAL	14984,28

Tabla 6.7 - Ahorro económico de la medida

Ratio energético (kWh/m3)	kWh	MWh
0,1344	99237,945	99,237945
0,01972	7758,37584	7,75837584
		107,00

Tabla 6.8 - Ahorro energético de la medida

Con el ahorro calculado y la inversión del proyecto, se obtiene la amortización del proyecto.

TOTAL INVERSIÓN	6.943,25 €
TOTAL AHORRO	14.984,28 €
ROI (años)	0,46

Tabla 6.9 - Amortización medida TB

6.2. Equipo de masilla

En el proyecto se recoge el ahorro producido por el fresado de las chapas de colocación de detectores. No se ha estimado rentabilidad en el proyecto ya que el trabajo se asigna al personal de mantenimiento en horario laboral y se emplean recursos del taller para realizar la medida.

El ahorro producido es el siguiente:

	Económico	MWh
Ahorro anual total	997,83 €	11,77

Tabla 6.10 - Ahorro equipos de masilla

7. Conclusiones

7.1. Aire comprimido

El aire comprimido es un método barato de energía, es por ello por lo que no se tiene un control exhaustivo del consumo del mismo. Aun así, el consumo de este es elevado y al final del año acaba incrementando la factura para la planta. En los últimos años se ha hecho un esfuerzo muy grande por controlar los consumos de aire de los distintos talleres de Volkswagen Navarra.

Este proyecto demuestra que el aire comprimido en la planta tiene gran potencial de ahorro, pero para ello requiere un estudio detallado de los equipos y las instalaciones que garantice el correcto funcionamiento de los equipos. En la actualidad el diseño de las instalaciones se realiza con grandes coeficientes de seguridad que garantizan el correcto funcionamiento pero en su contra provocan grandes sobrecostes en la instalación.

La mejor manera de mejorar la eficiencia de las instalaciones de aire es contabilizando consumos, estableciendo objetivos e implementando medidas para mejorar el sistema. Según los estudios de empresas especializadas en el sector, el correcto mantenimiento de las instalaciones provoca ahorros de un 30% y puede llegar a alcanzar cifras de hasta un 60%. El primer objetivo de la empresa debe ser concienciar al personal de la importancia del mantenimiento de las instalaciones de aire y dotar al taller de los equipos necesarios para la realización de las tareas, que a día de hoy, son escasas en Chapistería en comparación al aire consumido.

Si las labores de mantenimiento del personal en el área son adecuadas, aumentara el conocimiento en el sector y se podrá analizar de manera más acertada las posibilidades del taller. Posibilitando medidas que provocan grandes ahorros, documentadas en este proyecto como la reducción de presión en la línea de 6 bares o sectorización de las líneas.

A nivel de fábrica también existe gran potencial de ahorro, bastante mayor que el de un taller, ya que las medidas realizadas afectan a toda la planta. Una única línea de 6 bares alimenta a toda la fábrica, esto ofrece mayor seguridad y todas las naves pueden alimentarse desde las dos salas de compresores de la planta, sin embargo empeora la eficiencia de la red de aire comprimido, generando derroches energéticos. La sectorización de las líneas permite dar mayor independencia a los talleres en sus líneas de aire, ajustando ellos la presión de trabajo a sus necesidades. Para ello se debería realizar un importante inversión en la planta y para.

7.2. Equipos de masilla

Los equipos de SCA Suckers empleados para la aplicación de adhesivo son equipos muy estudiados ya por el proveedor, aun así es característica que se ha encontrado un derroche debido al consumo de los equipos de VW Navarra. Es una medida que no aporta gran beneficio pero que ha tenido repercusión en la compra de los nuevos equipos de masilla que se han equipado con el fresado de la chapas de detección de final del bidón.

8. Bibliografía

8.1. Bibliografía empleada para aire comprimido

- Michael J.Moram, Howard N. Shapiro: "Fundamentos de termodinámica técnica", 2ª Ed. Reverté.2012
- Atlas Copco: "Manual sobre aire comprimido", Venezuela 2015
- Faculata de ingeniería "Trabajo práctico sobre líneas de aire en industria". 2008
- Tenun: "Aplicación de la segunda ley"
- Tenun: "El gas ideal"
- Documentación Volkswagen Navarra, portales SGE y B-Data
- Consejería de Economía y Empleo: "Manual aire comprimido interactivo"
- Maria Dolores Ugarte, Ana F. Militino, Alan T. Arnholt: "Probability and Statistics with R" Ed. Chapman and Hall. 2008
- Claude Doignu Henrie Laugnie: "VBA Excel 2013. Cree Aplicaciones profesionales" Ed.ENI. 2014
- Justo García Ortega: "Clasificación y descripción de máquinas eléctricas."

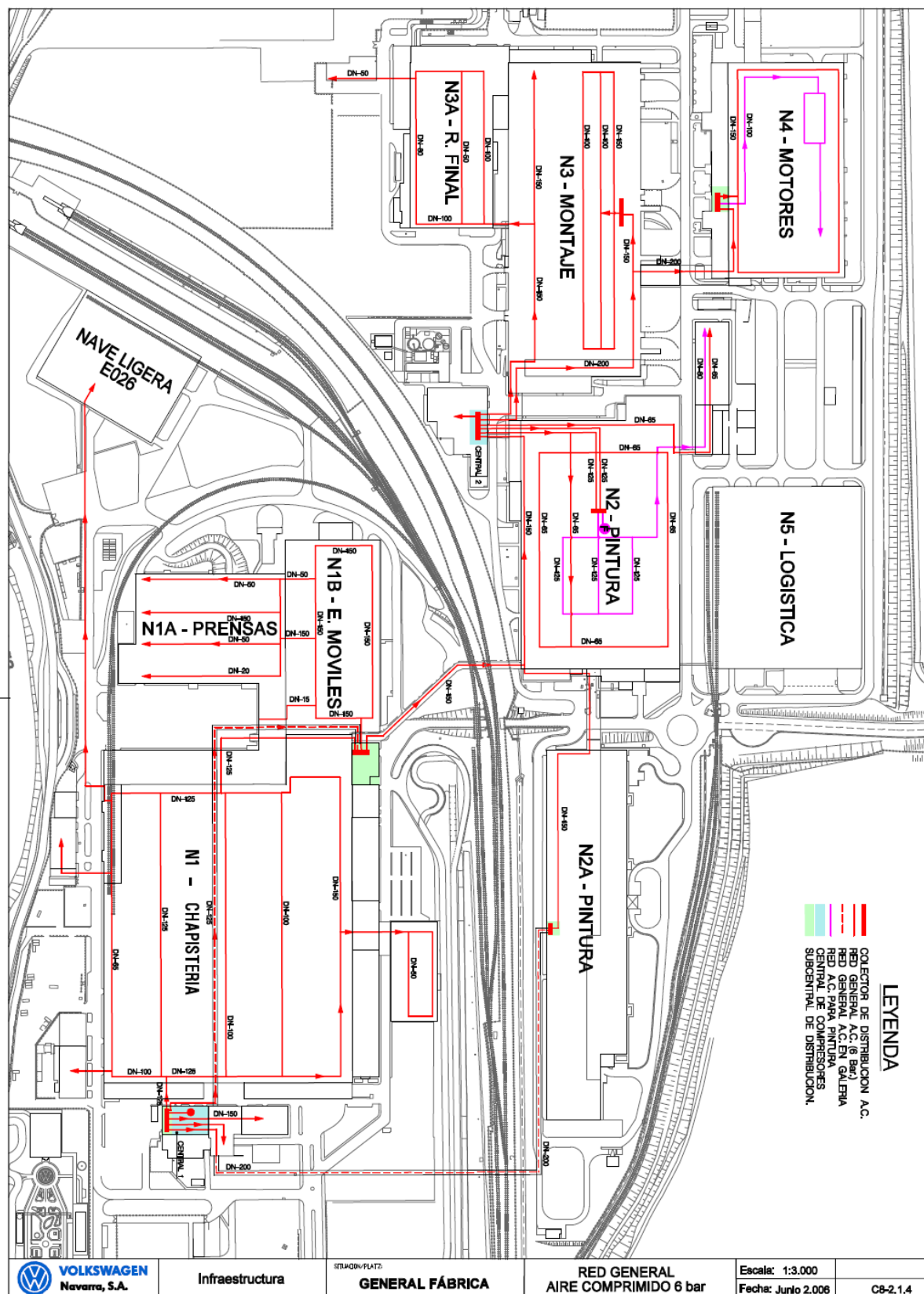
8.2. Bibliografía empleada para masillas

- Documentación SCA de equipos de masilla
- Pedro María Dieguez: "Transmision de calor"

9. Anexos

- *Plano Lay Out de Conducciones de Aire Chapistería*
- *Explicación macro para la generación de informes*
- *Graficas del Historial generado en el periodo de prácticas*
- *Portal Festo Control de fugas*

9.1. Plano Lay Out de Conducciones de Aire Chapistería



9.2. Explicación Macro de generación de informes

Explicación Macro

Para la procesamiento de los datos se ha requerido la instalación de tres macros, las dos primeras son muy similares y están asociadas a un cuadro de texto cada una. La primera carga los datos de producción introducidos en la hoja Excel de la instalación y la segunda carga unos datos de producción nula. La explicación de las macros realizadas se adjunta en los anexos del proyecto.

1. Macro para cargar la producción.

Esta macro carga la producción de la semana anterior en los datos de la plantilla que realiza el informe y completa el historial. Esta producción debe ser complementada a mano en la hoja de Excel con nombre "Produccion_cargar.xlsm". Esta macro está asociada a una forma con texto "Cargar Producción", al pulsar sobre ella se ejecuta la siguiente macro.

```
Sub Cargar_Prod()
'Optimiza la ejecución al no mostrar el proceso en pantalla.
Application.ScreenUpdating = False
```

Deshabilita avisos en la macro, y ejecuta todos de manera automática.

```
Application.DisplayAlerts = False
```

Comienza a ejecutar el programa.

Copiar datos a la hoja 2 (Últimos datos cargados).

Seleccionar datos de la hoja 1 y los valores indicados y copias los datos seleccionados.

```
Sheets(1).Select
Range("C4:I30").Select
Selection.Copy
```

Nos ubicamos en la celda donde se desea pegar los valores y ejecutamos el pegado.

```
Sheets("Últimos datos cargados").Select
Range("C4").Select
ActiveSheet.Paste
```

Guardamos el Excel

```
ThisWorkbook.Save
```

Mismo procedimiento, se copian los valores deseados.

```
Sheets(1).Select
Range("C4:I30").Select
Selection.Copy
```

Se abre la plantilla y se copian los valores de producción en la hoja deseada, en sus respectivas hojas y celdas.

```
Workbooks.Open (ThisWorkbook.Path"\Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm")
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm").Activate
Sheets("Producción Hora").Select
Range("C4").Select
ActiveSheet.Paste
```

Se cierra la ventana de Excel, guardando los datos de producción introducidos

```
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm").Activate
ActiveWindow.Close savechanges:=True
```

Se guarda la ventana de Excel con los datos copiados

```
ThisWorkbook.Save
```

Activar Hoja 2 del libro Producción_Cargar

Con esta opción conseguimos activar la hoja 2 y así al finalizar el proceso se abrirá directamente esta hoja, donde se encuentra directamente el acceso directo para ejecutar la macro que generará el informe.

```
Sheets(2).Select
```

Libera la memoria de los datos copiados

```
Application.CutCopyMode = False
```

Finaliza el programa.

```
End Sub
```

2. Macro para cargar la producción.

Esta macro elimina los datos almacenados la semana pasada, carga toda la producción de la semana con valores nulos, para poder generar el informe semanal sin producción.

Borrada la producción de la semana pasada, se colocan todo ceros en la plantilla y se carga también la macro que genera el informe.

```
Sub Sin_producción()
```

Al igual que en la otra macro se colocan comandos para optimizar el proceso. Optimiza la ejecución al no mostrar el proceso en pantalla


```
Application.ScreenUpdating = False
```

Deshabilita avisos

```
Application.DisplayAlerts = False
```

Poner todo ceros.

Se selecciona la hoja 1 de la hoja cargar “Produccion_cargar.xlsm” y se introducen todos los valores nulos.

```
Sheets(1).Select  
Range("C4").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"  
Range("C4").Select  
Selection.AutoFill Destination:=Range("C4:I4"), Type:=xlFillDefault  
Range("C4:I4").Select  
Selection.AutoFill Destination:=Range("C4:I30")  
Range("C4:I30").Select
```

Copiar datos a la hoja 2 (Últimos datos cargados)

Una vez introducidos se copian a la hoja dos, “últimos datos cargados”

```
Sheets(1).Select  
Range("C4:I30").Select  
Selection.Copy  
Sheets("Últimos datos cargados").Select  
Range("C4").Select  
ActiveSheet.Paste  
ThisWorkbook.Save
```

Cargar datos en macros

Se seleccionan los datos nulos, se copian y se introducen en la plantilla que generará el informe.

```
Sheets(1).Select  
Range("C4:I30").Select  
Selection.Copy
```

Se abre la plantilla, una vez copiados los valores, y se selecciona la celda donde se pegaran los valores.

```
Workbooks.Open ("C:\Users\EBECECS\Desktop\Macr\Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm")  
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm").Activate  
Sheets("Producción Hora").Select  
Range("C4").Select  
ActiveSheet.Paste
```

Una vez copiados los valores, se guarda y se cierra la plantilla de Excel y se guarda el libro de Excel empleado para cargar los datos.

```
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm").Activate  
ActiveWindow.Close savechanges:=True
```

```
ThisWorkbook.Save
```

Activar hoja dos

Se active la hoja dos para comprobar los valores nulos y generar el informe.

```
Sheets(2).Select
```

Libera la memoria de los datos copiados

```
Application.CutCopyMode = False
```

Se finaliza la macro.

```
End Sub
```

3. Macro para generar PDF y cargar el historial de dicha instalación.

Se trata de la macro más compleja programada, copia los valores de consumo de la semana, generados en el ordenador del autómatas en formato “.csv”, compara dichos consumos con la producción cargada en las macros anteriores y genera de forma automática, unas gráficas en las que se observa el consumo de la semana. También se han diseñado unos indicadores que muestran el estado actual de la instalación. A continuación se describe el código empleado en esta macro.

```
Sub Auto_Open()
```

Optimiza la ejecución al no mostrar el proceso en pantalla

```
Application.ScreenUpdating = False
```

Deshabilita avisos

```
Application.DisplayAlerts = False
```

Escribir fecha actual en el cuadro C1 para obtener los datos de la semana y el primer día de la semana.

Se define la variable “fechaActual” como fecha y se asigna el valor fecha. Así se obtiene el valor de ejecución de la macro, esto se asigna a la celda C1 de la hoja Plantilla, así podemos calcular la semana del informe y el primer día de la misma.

```
Dim fechaActual As Date  
fechaActual = Date
```

```
Sheets("Plantilla").Select  
Range("C1").Select  
ActiveCell = fechaActual
```

Mediante la siguiente fórmula de Excel, podemos asignar la semana del informe que se está realizando $=\text{ENTERO}(\text{((C1-FECHA(AÑO(C1-DIASEM(C1-1)+4);1;3)+$

DIASEM(FECHA(AÑO(C1-DIASEM(C1-1)+4);1;3))+5)/7))-1, estos valores se atribuyen a otra celda

Y con la siguiente formula sacamos el primer día de la semana =SI(DIASEM(C1)=1;C1-6;C1+2-DIASEM(C1))-7, estos valores se atribuyen a otra celda.

Importar datos Datos_zona_aire1

Importamos los datos obtenidos por el autómata. La información viene en una sola línea y dividida por puntos y comas por ello, nada más abrir se ejecuta un comando que separa esta información en columnas. Aquí se muestra como se abre el programa y se separan los valores en columnas.

```
Workbooks.Open ("C:\Users\EBECECS\Desktop\Macr\Datos_Aire_zona1.csv")
Range("A1:A379").Select
Range("A379").Activate
Selection.TextToColumns Destination:=Range("A1"), DataType:=xlDelimited, _
    TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
    Semicolon:=True, Comma:=False, Space:=False, Other:=False, FieldInfo _
    :=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1), Array(4, 1)), TrailingMinusNumbers:= _
    True
```

Una vez separados en columnas, se copian los valores y se copian en la el libro de Excel que genera el informe.

```
Range("D2:D379").Select
Selection.Copy
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatiko.xlsm").Activate
Sheets("Zona 1").Select
Range("D2").Select
ActiveSheet.Paste
```

Una vez copiados, se cierra el libro del Excel de donde se seleccionaron los datos tomados.

```
Windows("Datos_Aire_zona1.csv").Activate
ActiveWindow.Close savechanges:=True
```

Se guardan todos los valores del libro de la plantilla.

```
ThisWorkbook.Save
```

Importar datos Datos_zona_aire2

Debemos repetir este proceso para todos los datos obtenidos de los autómatas.

```
Workbooks.Open ("C:\Users\EBECECS\Desktop\Macr\Datos_Aire_zona2.csv")

Range("A1:A379").Select
Range("A379").Activate
Selection.TextToColumns Destination:=Range("A1"), DataType:=xlDelimited, _
    TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
    Semicolon:=True, Comma:=False, Space:=False, Other:=False, FieldInfo _
```

```
:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1), Array(4, 1)), TrailingMinusNumbers:= _
True
```

```
Range("D2:D379").Select
Selection.Copy
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm").Activate
Sheets("Zona 2").Select
Range("D2").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Windows("Datos_Aire_zona2.csv").Activate
ActiveWindow.Close savechanges:=True
```

```
ThisWorkbook.Save
```

Importar datos Datos_zona_aire3

```
Workbooks.Open ("C:\Users\EBECECS\Desktop\Macr\Datos_Aire_zona3.csv")
```

```
Range("A1:A379").Select
Range("A379").Activate
Selection.TextToColumns Destination:=Range("A1"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=True, Comma:=False, Space:=False, Other:=False, FieldInfo _
:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1), Array(4, 1)), TrailingMinusNumbers:= _
True
```

```
Range("D2:D379").Select
Selection.Copy
Workbooks.Open ("C:\Users\EBECMOM\Desktop\Macr\Macr\Plantilla.xlsm")
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm").Activate
Sheets("Zona 3").Select
Range("D2").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Windows("Datos_Aire_zona3.csv").Activate
ActiveWindow.Close savechanges:=True
ActiveWindow.Close
```

```
ThisWorkbook.Save
```

Importar datos Datos_zona_aire4

```
Workbooks.Open ("C:\Users\EBECECS\Desktop\Macr\Datos_Aire_zona4.csv")
```

```
Range("A1:A379").Select
Range("A379").Activate
Selection.TextToColumns Destination:=Range("A1"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=True, Comma:=False, Space:=False, Other:=False, FieldInfo _
:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1), Array(4, 1)), TrailingMinusNumbers:= _
True
```

```
Range("D2:D379").Select
Selection.Copy
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm").Activate
Sheets("Zona 4").Select
```

```
Range("D2").Select  
ActiveSheet.Paste
```

```
Windows("Datos_Aire_zona4.csv").Activate  
ActiveWindow.Close savechanges:=True
```

```
ThisWorkbook.Save
```

Importar datos Datos_ThinkBlue_zona1

```
Workbooks.Open ("C:\Users\EBECECS\Desktop\Macr\Datos_ThinkBlue_zona1.csv")
```

```
Range("A1:A379").Select  
Range("A379").Activate  
Selection.TextToColumns Destination:=Range("A1"), DataType:=xlDelimited, _  
TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _  
Semicolon:=True, Comma:=False, Space:=False, Other:=False, FieldInfo _  
:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1), Array(4, 1)), TrailingMinusNumbers:= _  
True
```

```
Range("D2:D379").Select  
Selection.Copy  
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm").Activate  
Sheets("Think Blue 1").Select  
Range("D2").Select  
ActiveSheet.Paste
```

```
Windows("Datos_ThinkBlue_zona1.csv").Activate  
ActiveWindow.Close savechanges:=True
```

```
ThisWorkbook.Save
```

Importar datos Datos_ThinkBlue_zona2

```
Workbooks.Open ("C:\Users\EBECECS\Desktop\Macr\Datos_ThinkBlue_zona2.csv")
```

```
Range("A1:A379").Select  
Range("A379").Activate  
Selection.TextToColumns Destination:=Range("A1"), DataType:=xlDelimited, _  
TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _  
Semicolon:=True, Comma:=False, Space:=False, Other:=False, FieldInfo _  
:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1), Array(4, 1)), TrailingMinusNumbers:= _  
True
```

```
Range("D2:D379").Select  
Selection.Copy  
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm").Activate  
Sheets("Think Blue 2").Select  
Range("D2").Select  
ActiveSheet.Paste
```

```
Windows("Datos_ThinkBlue_zona2.csv").Activate  
ActiveWindow.Close savechanges:=True
```

```
ThisWorkbook.Save
```

Ya se han almacenado todos los datos recibidos del autómata.

Exportar datos al Historial

Se desea traspasar toda la información de los consumos, para ello es necesario ubicar su posición en el historial y de esta manera conseguir que no se acumule información. Esto se realiza con la siguiente fórmula. Multiplica el número de filas copiadas cada semana por el número de semana y le suma dos empleadas para titular las columnas.

```
Sheets(1).Select
Fila = 168 * Range("G1") + 2
```

Una vez ubicadas la fila, se copian los valores.

```
Sheets(1).Select
Range("A6:AA173").Select
Selection.Copy
```

Se pegan los valores en el historial, se realiza un pegado de valores, ya que proviene de una hoja con fórmulas y si se realiza un pegado normal, genera un error en el sistema.

```
Workbooks.Open ("C:\Users\EBECECS\Desktop\Macr\Historial_PAIL1.xlsx")
Windows("Historial_PAIL1").Activate
Sheets("Historial_").Select
Range("A" & Fila).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
```

Una vez copiado guardamos los libros y cerramos.

```
ActiveWindow.Close savechanges:=True
ThisWorkbook.Save
```

Exportar Ratios al Historial

Se sigue el mismo procedimiento que para copiar los consumos esta vez con los ratios que se copiarán de la hoja "ratios" y se copiarán en el historial en la hoja empleada para acumular los ratios.

Ubicar Filas Historial

```
Sheets(1).Select
Fila = 168 * Range("G1") + 1
```

Copiar valores en el historial

```
Sheets(2).Select
Range("A5:K172").Select
Selection.Copy
```

Pegar valores en el historial

```
Workbooks.Open ("C:\Users\EBECECS\Desktop\Macr\Historial_PAIL1.xlsx")
```

```
Windows("Historial_PAIL1").Activate
Sheets(2).Select
Range("A" & Fila).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
```

No cerramos los libros, ya que se procede a actualizar todas las gráficas dinámicas de la lista, para ello se van seleccionando hoja a hoja del libro Historial una a una y actualizando dichas gráficas. De esta manera el usuario, encontrará las gráficas actualizadas la abrir el libro “Historial”.

Actualizar todas las gráficas del historial

```
Windows("Historial_PAIL1.xlsx").Activate
Sheets("TOTAL").Select
ActiveSheet.ChartObjects("2 Gráfico").Activate
ActiveSheet.PivotTables("Tabla dinámica4").PivotCache.Refresh
Sheets("Zona 1").Select
ActiveSheet.ChartObjects("1 Gráfico").Activate
ActiveSheet.PivotTables("Tabla dinámica2").PivotCache.Refresh
Sheets("Zona 2").Select
ActiveSheet.ChartObjects("1 Gráfico").Activate
ActiveSheet.PivotTables("Tabla dinámica1").PivotCache.Refresh
Sheets("Zona 3").Select
ActiveSheet.ChartObjects("1 Gráfico").Activate
ActiveSheet.PivotTables("Tabla dinámica1").PivotCache.Refresh
Sheets("Zona 4").Select
ActiveSheet.ChartObjects("1 Gráfico").Activate
ActiveSheet.PivotTables("Tabla dinámica2").PivotCache.Refresh
Sheets("Ra_TOTAL").Select
ActiveSheet.ChartObjects("1 Gráfico").Activate
ActiveSheet.PivotTables("Tabla dinámica7").PivotCache.Refresh
Sheets("Ra_Zona 1").Select
ActiveSheet.ChartObjects("1 Gráfico").Activate
ActiveSheet.PivotTables("Tabla dinámica3").PivotCache.Refresh
Sheets("Ra_Zona 2").Select
ActiveSheet.ChartObjects("1 Gráfico").Activate
ActiveSheet.PivotTables("Tabla dinámica4").PivotCache.Refresh
Sheets("Ra_Zona 3").Select
ActiveSheet.ChartObjects("1 Gráfico").Activate
ActiveSheet.PivotTables("Tabla dinámica5").PivotCache.Refresh
Sheets("Ra_Zona 4").Select
ActiveSheet.ChartObjects("1 Gráfico").Activate
ActiveSheet.PivotTables("Tabla dinámica6").PivotCache.Refresh
Sheets("TOTAL").Select
```

Realizadas estas actualizaciones, procedemos a cerrar los libros.

```
ActiveWindow.Close savechanges:=True
ThisWorkbook.Save
```

Generar PDF en la carpeta C:\Users\EBECECS\Desktop\Informes

Para generar el PDF, se activa la hoja que se desea extraer y se ejecuta la orden, además se guarda en la carpeta con el nombre

“C:\Users\EBECECS\Desktop\Informes\” y se le da nombre al documento que será las iniciales de la instalación y la semana de la misma.

```
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm").Activate
Sheets("Gráficas").Select
ActiveSheet.ExportAsFixedFormat Type:=xlTypePDF, Filename:= _
"C:\Users\EBECECS\Desktop\Informes\PAIL1_Semana_" & Range("T1") & ".pdf", Quality:=_
xlQualityStandard, IncludeDocProperties:=True, IgnorePrintAreas:=False, _
OpenAfterPublish:=True
```

Al terminar abra el documento de las gráficas.

```
Windows("Plantilla_Cerrado_Automatico.xlsm").Activate
Sheets("Gráficas").Select
```

Libera la memoria de los datos copiados

```
Application.CutCopyMode = False
```

Cerrado automático. Además se guardan y se cierran todos los libros abiertos.

```
ActiveWorkbook.Save
Application.Quit

End Sub
```

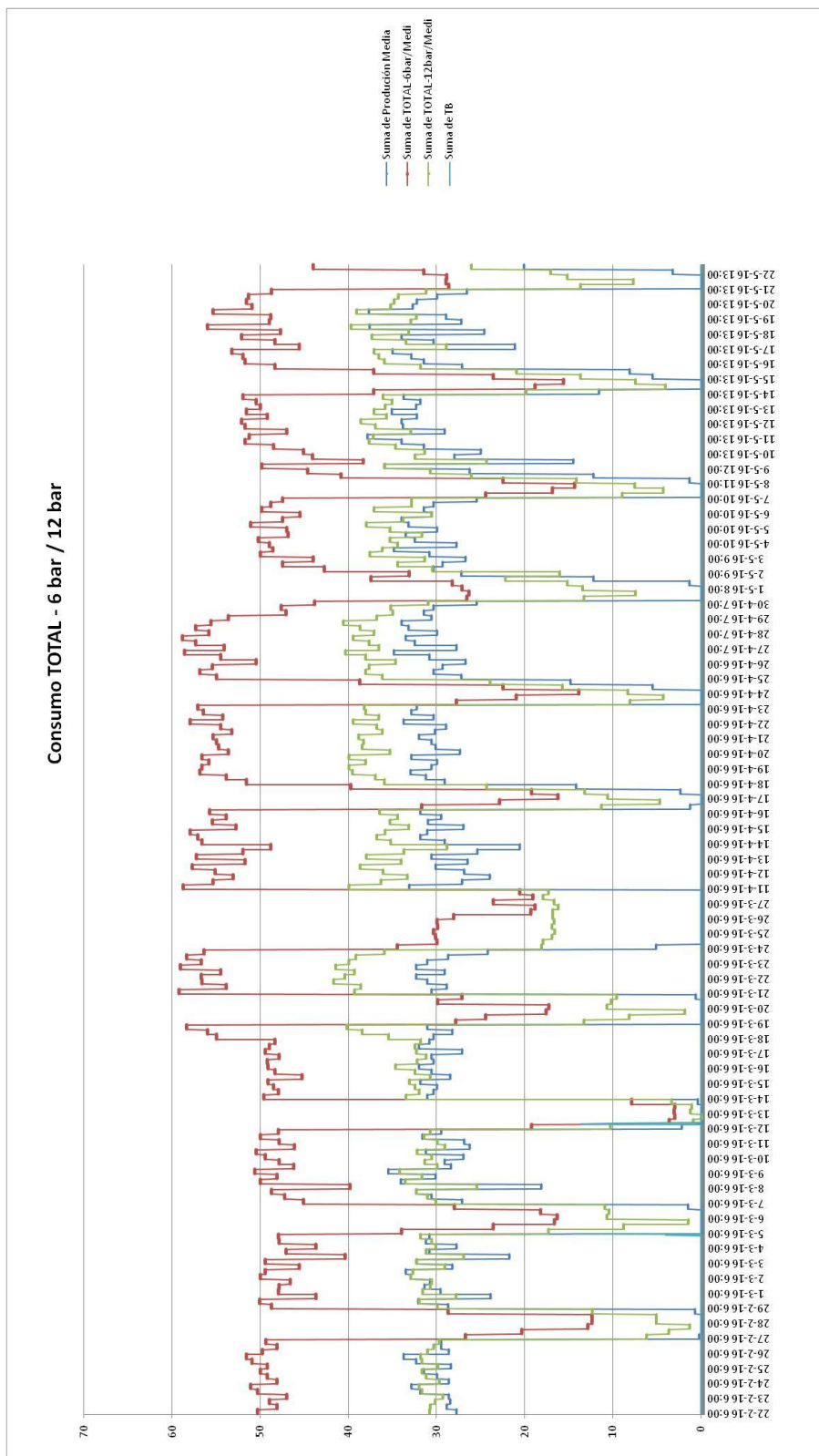
Resumen

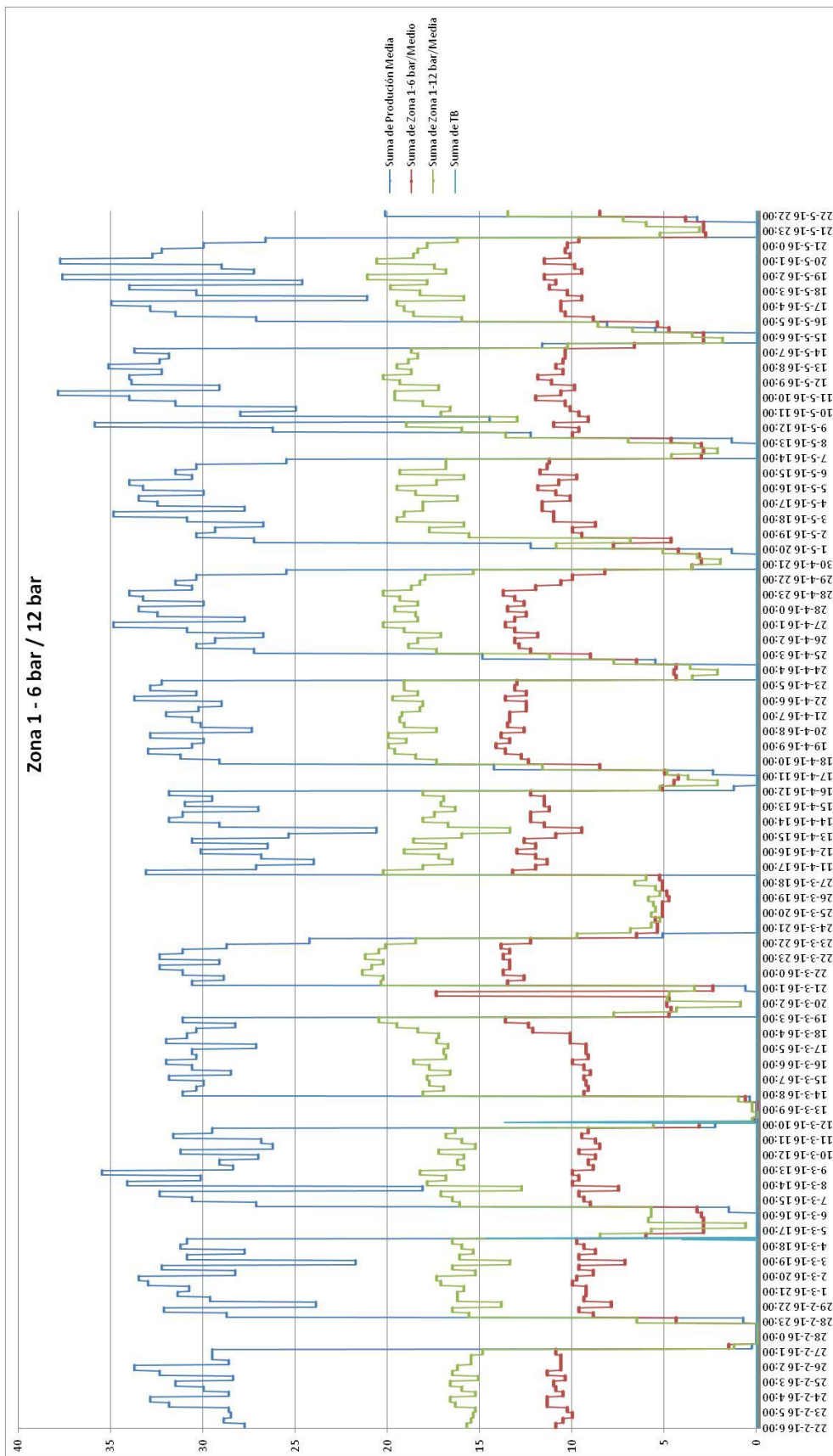
Este programa es una medida temporal para calcular el consumo de aire de una instalación para el proceso. Lo que se desea es realizar una aplicación que genere de forma automática todos los informes y no sea necesario, realizar proceso alguno para el cálculo de los consumos y ratios, es decir, que sea una aplicación de visualización.

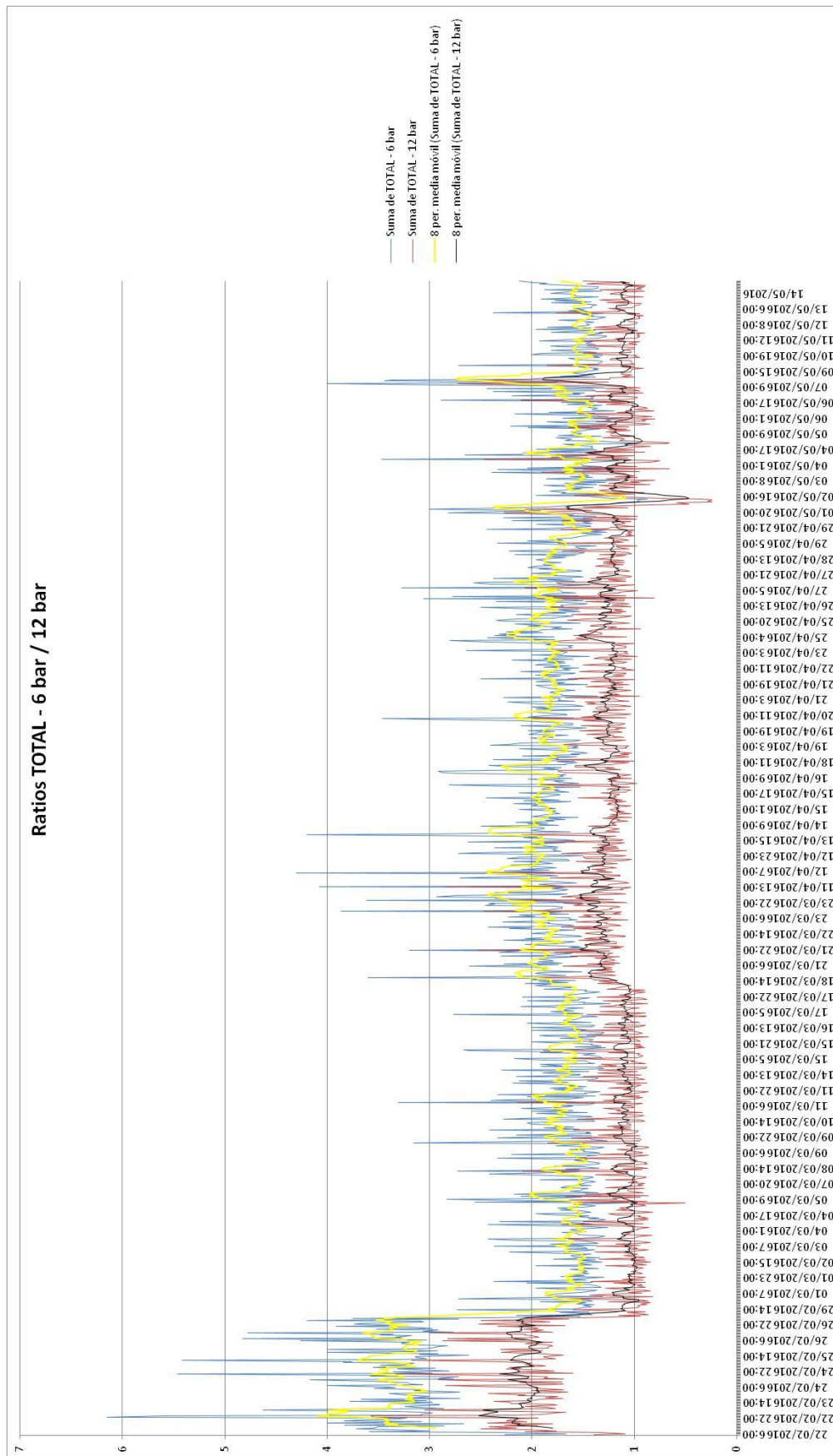
Es muy importante que esta aplicación se extienda a todas las instalaciones de la nave, y poder observar de una manera visual y efectiva aquellas instalaciones con sobreconsumos de aire. Pudiendo realizar una revisión rápida y efectiva de aquellas instalaciones con sobrecostes o consumo inhabituales.

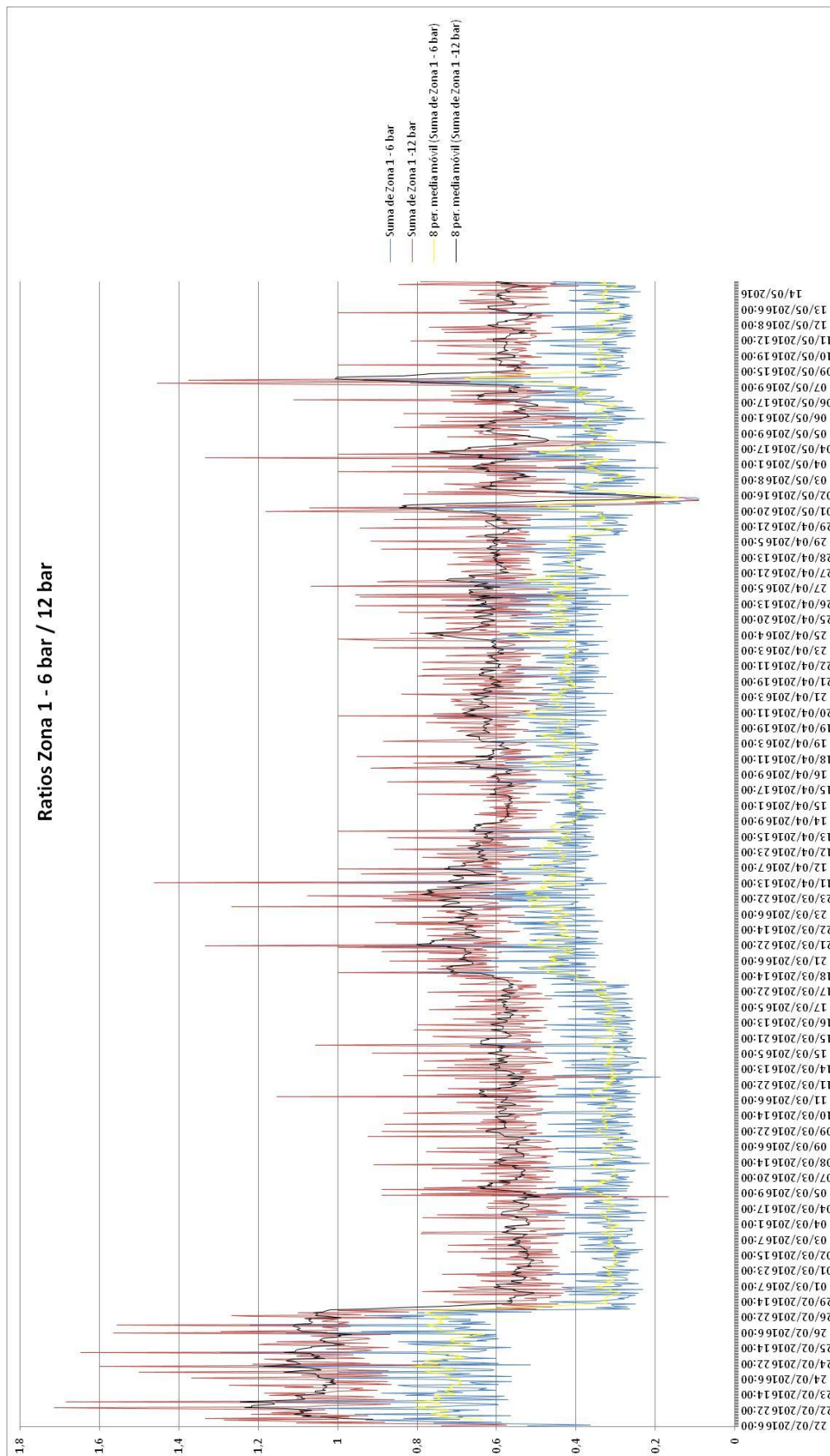
Para implantar esta nueva aplicación es esencial realizar una revisión de cada instalación, observando el consumo de aire de cada una de ellas e intentando optimizar dichos consumos. Con esta aplicación se consigue mantener un control exhaustivo de los consumos de aire de la instalación.

9.3. Gráficas de Historial







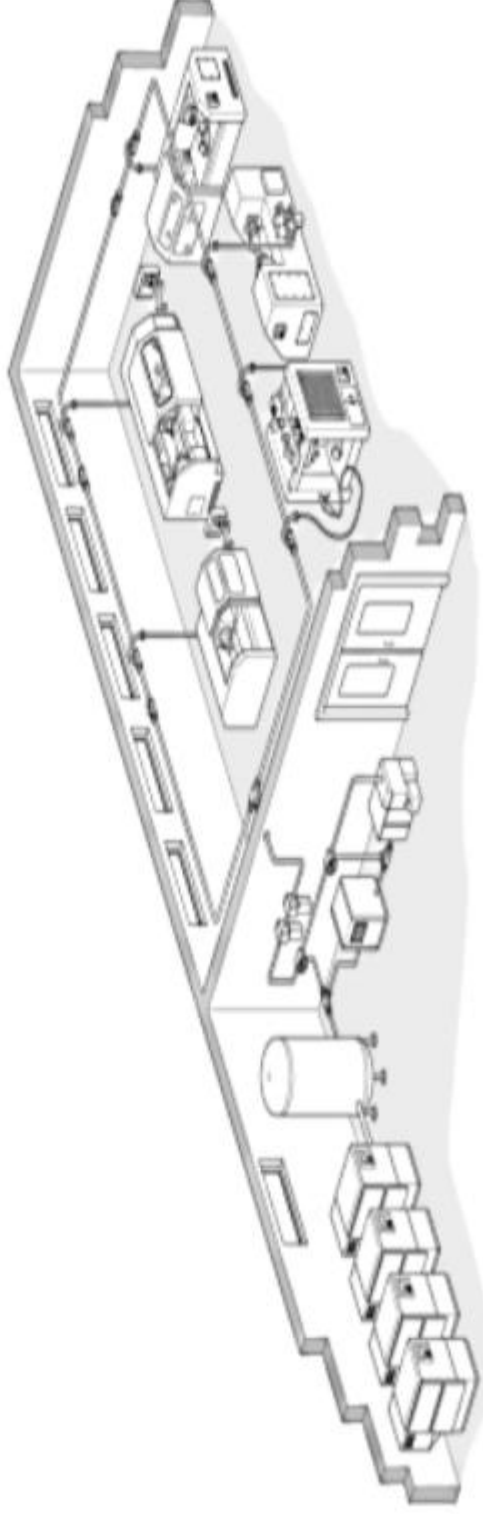


9.4. Postal Festo Control de fugas

Energy Saving Assessment Portal

Welcome to Festo Energy Saving Services

Festo Energy Saving Services offer compressed air users a customised range of services to determine and optimally exploit savings in compressed air.



Documentación de las fugas

Posibilidades:

- Documentación sistemática de las fugas registradas:
 - Indicación del lugar de las fugas
 - Tamaño de las fugas en l/min
 - Clasificación según el tamaño de las fugas
 - Medidas de reparación recomendadas
 - Lista de repuestos
 - Estimación del tiempo necesario para la reparación
 - Accesibilidad a las máquinas durante la producción
 - Opciones de optimización



Energy Saving Assessment Portal

- Información situación actual
- Principales indicadores

Estimator Parameters

Input Data:

Total nominal compressor power: kW

Free air delivery (FAD) available: m³/min

Room temperature: °C

Altitude above sea level: m

Air humidity: %

Free air delivery (FAD) (ISO 1217): Sm³/min

Workload during production time: %

Airflow during production time: Sm³/min

Operating hours per day: Hours/day

Operating days per week: Days/week

Operating hours per year: Hours/year

Leakage level that can be detected: %

Air switched off after production time:

Cost per kWh:

[Calculate](#)

[Print Results](#)

Energy cost

Energy consumption of the compressors per year (Kwh): kWh

Energy cost per Sm³: /Sm³

Energy cost of the compressors per year: Sm³

Compressed air cost **Compressed air consumption per year(*1):** /Sm³

Compressed air cost per Sm³ (*2):

Compressed air cost per year: %

Leakages

Leakage level that can be detected: Sm³/min

Leakage air flow: Sm³

Leakage volume per year in m³ (*3) :

Leakage costs per year: Ton CO2/year

CO₂ Emission Savings

Estimated emission corresponding to the leakage volume (*4): Man-days

Project Cost

Days per technician for the leakage detection: Hours

Leakage detection costs, costs per day: 1296.00

Repair days: Days

Repair costs: 60.00:

Estimated material costs (10% the of leakage costs):

Total costs repair activities:

Total project cost:

Payback

Payback time in months: Months

Energy Saving Assessment Portal

- Estimación costes energéticos y de reparación

Specific power:	6,5	kW/(m ³ /min) (Average value =6.5 with P= 8 bar)
Specific Emission (gCO ₂ /kWh):	563	Source: Öko Institut e.V. (www.oeko.de)
Calculation days for leakage detection		
Leakage volume per day: (standard value: 300 l/min)	350	l/min
Estimated leakage volume:	2080,00	l/min
Days for leakage detection:	5,9	days
Cost leakage detection/day:	1296,00	
Calculation repair days		
Nr. of leakages per day:	47	
Days for leakage detection:	5,9	
Nr. of leakages total:	278	
Average repair time per leakage:	10	min
Total repair time in hours:	47	Hours
Repair days (8 hours/day):	5,9	Days
Cost technician/hour:	60,00	
Total costs repair activities:	2820,00	

Calculate

Energy Saving Assessment Portal

Información proporcionada:

- Documentación sistemática de las fugas registradas:
 - Tamaño total de las fugas en l/min
 - Proporción del tamaño de las fugas
 - Control de reparaciones

Values leakages	Total	Open	Savings
Total l/min	141,80	3,87	137,93
m ³ per year	71.466,19	1.951,99	69.514,20
Costs per year	1.429,32	39,04	1.390,28
Cost per m ³	0,020		
Co ₂ per year (kg)	7.131,75		

	Tags	% share tags	Flow in l/min	%share total flow	Costs p./year
Total tags	7	100,00 %	141,0	100,00 %	1.429,32
High > 8,7 l/min	2	28,00 %	129,4	92,00 %	1.303,85
Medium 2,5 to 8,7 l/min	3	42,00 %	11,3	8,00 %	113,62
Low < 2,5 l/min	1	14,00 %	1,2	1,00 %	11,85
Optimisation	1	14,00 %			

Total repair time	
Minutes	75,00
Hours	1,00
Days	0,00

Repair progress	
Open	3
Done	4

Energy Saving Assessment Portal

Información proporcionada por Tag:

- Documentación sistemática de las fugas registradas:

- Indicación del lugar de las fugas
- Tamaño de las fugas en l/min
- Clasificación según el tamaño de las fugas
- Medidas de reparación recomendadas
- Lista de repuestos
- Estimación del tiempo necesario para la reparación
- Accesibilidad a las máquinas durante la producción
- Opciones de optimización

Tag nr.: A_23_ | 2
 Sound level: 145

- Action:
- Screw tighter
 - Revision
 - Replace

Component:

- Other
- Cylinder
- Rotary drive
- Pressure regulator
- Filter
- Flow valve
- Gripper
- On-off valve
- Fitting
- Pipe
- Airgun
- Manometer
- Mech.act.valve
- Oiler
- Pneumatic tool
- Tubing
- Valve/valve terminal

Repair time:

- 5
- 10
- 30
- 60

Repair in production:

- No
- Yes

Repair done:

- No
- Yes

Comment:

Energy Saving Assessment Portal

Información proporcionada por Tag:

- Trazabilidad
- Planificación

Detected by:	Graells, Jordi
Date of detection:	25-07-2014
Building:	Festo
Department:	3rd floor
Machine:	3A
Leakage Material Information	
Manufacturer:	
Article:	
Type:	
Replace Material Information	
Manufacturer:	festo
Article:	
Type:	
Repaired by:	Graells, Jordi
Date of repair:	25-07-2014

Energy Saving Assessment Portal

Información gráfica de los principales indicadores

chart by amCharts.com

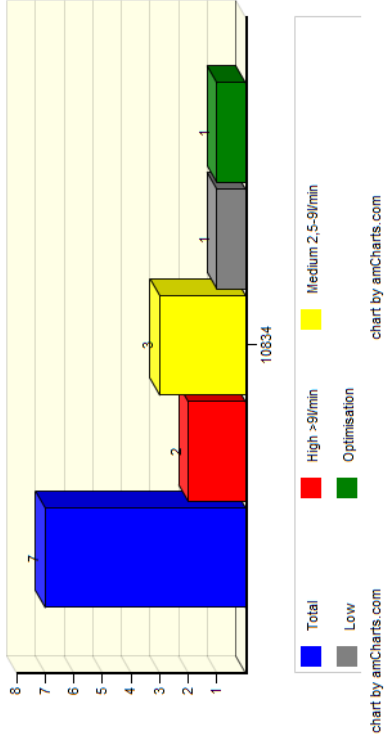


chart by amCharts.com

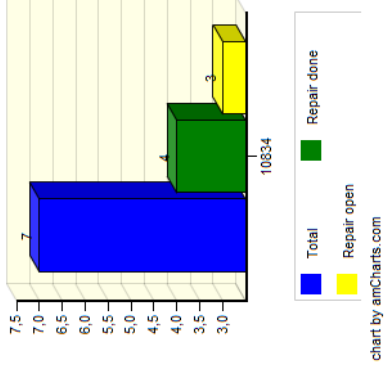


chart by amCharts.com

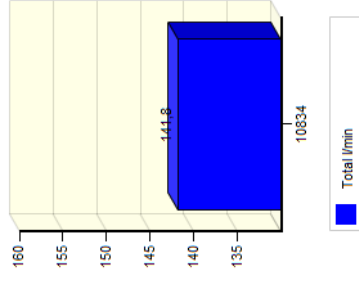


chart by amCharts.com

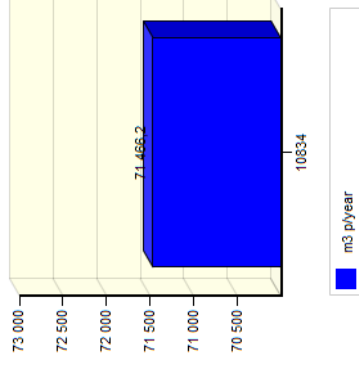


chart by amCharts.com

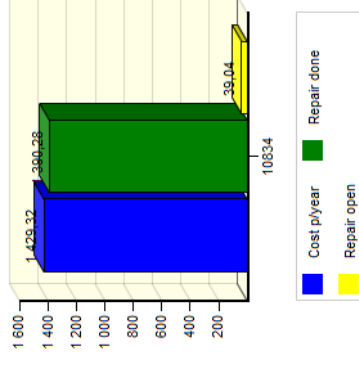
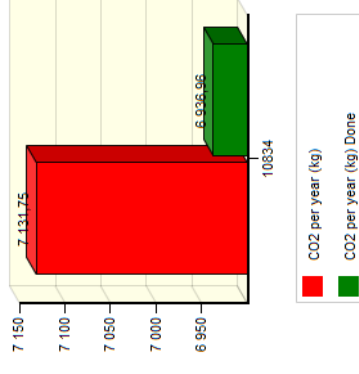


chart by amCharts.com



Energy Saving Assessment Portal

Resumen

- Documentación y resultados de todos los servicios prestados
- Documentación del potencial de ahorro potencial y ejecutable
- Todos los datos acerca de la planificación de las medidas de optimización, especialmente la eliminación de fugas
- Rápida identificación de medidas de ahorro económica y técnicamente viables
- Acceso en tiempo real a todos los datos
- Disponibilidad de los datos en todo el mundo: acceso y comparación de los diferentes emplazamientos empresariales
- Derechos de acceso definidos para usuarios

