
Anexos

A. Valoraciones económicas

A. Valoraciones económicas

Los cálculos del retorno de la inversión, presentados en el capítulo de las valoraciones, se van a indicar a continuación. Se ha estructurado de manera homóloga a la de las propuestas de mejora.

A.1. Valoraciones para la mejora del montaje

A.1.1. Automatización parcial

- **Inversión necesaria** han de gastarse 449.000€ en los siguientes conceptos:

Oferta proveedor	300.000€
Cambio de altimetría	100.000€
Conexión FIS-eQS	25.000€
Atornilladores especiales	24.000€
TOTAL	449.000€

- **La oferta del proveedor:** el material necesario para la nueva instalación.
 - **El cambio de altimetría:** es necesario ya que las altimetrías¹⁾ actuales no permiten la colocación de la rueda con el montaje semiautomático.
 - **La conexión FIS-eQS:** es el sistema informático que recoge los datos registrados de los atornilladores electrónicos de cada uno de los coches, para que en caso de no darse el par necesario que quede registrado y poder hacer la reparación en un proceso posterior.
 - **Los atornilladores especiales:** es un tipo de atornillador específico para las ruedas, éste posee un cabezal para atornillar cinco tornillos de vez.
-
- **Ahorros:** tanto el operario del tacto 158 como los dos del tacto 159 se reubican, por lo que en esta fase del trabajo se optimizan 385.704€/año.
 - **Gastos:** se tiene la necesidad de un conductor de instalación por turno, es decir, 128.568€/año.

1) en glosario, página 98

Propuesta	Inversión	Gastos	Ahorros
Proceso de montaje semiautomático.	449.000€	(128.580€/año)	385.740€/año

Tabla A.1 Datos económicos, propuesta montaje semiautomático.

A.1.2 Automatización completa

- **Inversión:** para acondicionar el área, compra de la instalación y montaje de la misma.

Oferta proveedor	620.000 €
Recambios	100.000 €
Conexión FIS-eQS	25.000 €
Traslado manipulador plataforma actual	25.000 €
Cambio de altimetría	100.000 €
Robot y equipo de atornillado	85.000 €
TOTAL	955.000 €

- **La oferta del proveedor:** incluye el precio de toda la instalación salvo los robots.
- **Los recambios:** material para la instalación no dotado por el proveedor industrial y que el departamento de mantenimiento de la fábrica exige.
- **La conexión FIS-eQS:** conexión al sistema informático.
- **Traslado de los manipuladores de la plataforma actual:** a los tactos 158 para estrategia de emergencia.
- **El cambio de altimetría:** en el caso de la automatización completa, el coche ha de estar a la misma altura ya que el montaje lo hace un Robot.
- **Robot y equipo de atornillado:** este equipo no es suministrado por el proveedor, por lo que ha de adquirirse por separado.

- **Ahorros:** se reubican todos los operarios de los tactos, es decir, los cinco operarios por turno. Esto es un total de 642.840 €/año.
- **Gastos:** se tiene la necesidad de contratar a un conductor de instalación y un operario de mantenimiento por turno, por lo que las necesidades totales de personal son de seis operarios, un total de 257.136 €/año.

Propuesta	Inversión	Gastos	Ahorros
Proceso de montaje completamente automático.	955.000€	(257.130€/año)	642.825€/año

Tabla A.2 Datos económicos, propuesta montaje automático.

A.2. Valoraciones para la mejora de la logística interna

A.2.1. Trasvase a transfer de rodillos con manipulador (Manual)

- **Inversión:** incluye el gasto que ha de ser asumido por el acondicionamiento del área necesaria para el operario, el nuevo manipulador y el sistema de transporte hasta los tactos.

Contenedores nuevos	144.000€
Técnica de transporte	100.000€
Manipulador	40.000€
Garra doble	25.000€
TOTAL	309.000€

- La **adquisición de nuevos contenedores:** ya que las dimensiones de éstos deben ser distintas para que el manipulador de doble garra pueda tomar las ruedas del contendor sin dañar ni las ruedas ni el propio contenedor.
 - La **oferta del proveedor:** incluye la técnica de transporte, el ascensor y descensor.
 - El **manipulador:** es necesario un nuevo manipulador para el puesto del operario que carga las ruedas sobre el transfer de rodillos.
 - La **garra doble:** cuesta 25.000 € ya que es una garra especial.
- **Gastos:** esta opción hace que la necesidad de personal sea de un operario por turno que se encargue de colocar las ruedas sobre la cinta de rodillos. Es decir, 128.568 €/año.

Propuesta	Inversión	Gastos	Ahorros
Operación de trasvase con manipulador.	309.000€	(128.580€/año)	0€/año

Tabla A.3 Datos económicos, propuesta de trasvase con manipulador

A.2.2. Almacén acumulador elevado (Automático)

- **Inversión:** la descarga del camión automática incluye el precio de la nueva estructura a construir, el acondicionamiento de los trailers y el refuerzo de la estructura de la nave.

Adaptación muelle (FCC)	250.000€
Trailer nuevo (x 2)	127.000€
Adaptación muelle (VW)	250.000€
Desapilador ruedas de recambio y mesa de recepción	280.000€
Nueva estructura y almacén	700.000€
TOTAL	1.607.000€

- **La adaptación del muelle (FCC) y (VW):** es necesaria la adecuación del muelle tanto de la fábrica de Volkswagen como del operador logístico.
 - **Trailer nuevo:** es necesaria la adquisición de dos Trailers nuevos por el cambio en el proceso.
 - **El desapilador de ruedas de repuesto y mesa de recepción:** es un sistema complejo sin el cual no sería posible tener la descarga totalmente automatizada.
 - **Refuerzo de estructura y almacén:** es necesario el refuerzo de la estructura ya que la estructura actual no tiene la capacidad portante suficiente para soportar el nuevo almacén. Todo ello incluido en la oferta del proveedor.
- **Ahorros:** se tiene una optimización de los recursos de un operario por turno. Éste es el carretillero que se encuentra descargando los contenedores del trailer y llevándolos a la línea. Otros ahorros derivados de prescindir del llevar los contenedores mediante carretillas es el ahorro anual de 12.250€ por el alquiler de la carretilla. Además los contenedores se deterioran por los traslados y han de ser reparados, este mantenimiento le cuesta a Volkswagen 20.156€ anuales. Por lo que hay un ahorro anual de 20.156€ en concepto de mantenimiento de contenedores.

Propuesta	Inversión	Gastos	Ahorros
Operación de descarga <i>automática</i> .	1.230.000€	0€/año	154.860€/año
<i>Operador logístico externo actual.</i>	377.000€	0€/año	140.830€/año

Tabla A.4 Datos económicos, propuesta descarga automática.

A.3. Valoraciones para la mejora del suministro externo

- La **inversión necesaria** es la mayor por ser la de alternativa de mayor alcance. Comprende la construcción de una nave nueva, de su acondicionamiento, (es decir, el almacén con la instalación eléctrica, mecánica, los sistemas automatizados) y por último la técnica de transporte hasta los puestos de trabajo, distinguiéndose tres vías.

Oferta del proveedor	1.583.400€
----------------------	------------

- La **oferta del proveedor** incluye la construcción del almacén, las instalaciones y la técnica de transporte hasta los puntos de montaje de las dos líneas de montaje.

- En el caso de realizar el almacén secuenciador, se tendría una reubicación de quince operarios. Así se llegaría a una **optimización de recursos** de un total de 385.704€/año.
- Otros ahorros** derivados de prescindir del llevar los contenedores mediante carretillas es el ahorro anual de 12.250€ por el alquiler de la carretilla. Además los contenedores se deterioran por los trasladados y han de ser reparados, este mantenimiento le cuesta a Volkswagen 20.156€ anuales. Por otro lado hay un ahorro anual de 20.156€ en concepto de mantenimiento de contenedores.

Propuesta	Inversión	Gastos	Ahorros
Almacén secuenciador <i>automático</i> (Logística interna + logística externa)	1.583.400€	0€/año	552.850€/año

Tabla A.5 Datos económicos, propuesta almacén secuenciador.

A.4 Alternativas

A continuación se presenta el esquema mostrado en la memoria para la mejor comprensión de sistemática de organización de las distintas alternativas.

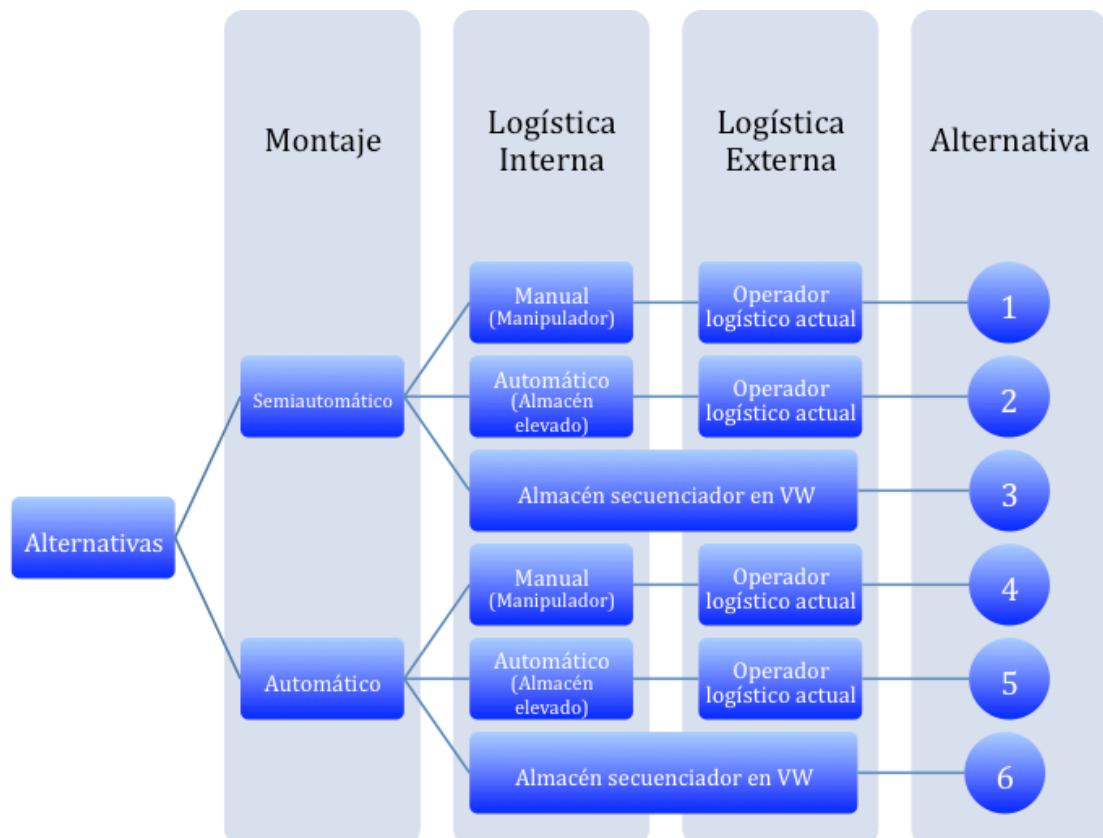


Figura A.1 Esquema de las alternativas

Las valoraciones económicas antes presentadas para cada propuesta se han agrupado en un total de seis alternativas como se ha mostrado en la figura A.1. Así cada alternativa tiene un retorno de la inversión distinta. En la sección siguiente se especifica como se ha llegado a los resultados que se han mostrado en el cuarto y quinto capítulo.

Alternativa 1:

Propuesta	Inversión	Gastos	Ahorros
Proceso de montaje semiautomático.	449.000€	(128.580€/año)	385.740€/año
Operación de trasvase con manipulador.	309.000€	(128.580€/año)	0€/año
Operador logístico externo actual.	0€	0€/año	0€/año
		(257.160€/año)	385.740€/año
TOTAL	758.000€		128.580€/año

Tabla A.6 Tabla de viabilidad de la alternativa 1.

Por lo que el retorno de la inversión es de:

RI	5.90 años
----	-----------

Alternativa 2:

Propuesta	Inversión	Gastos	Ahorros
Proceso de montaje semiautomático.	449.000€	(128.580€/año)	385.740€/año
Operación de descarga automática.	1.230.000€	0€/año	154.860€/año
Operador logístico externo actual.	377.000€	0€/año	140.830€/año
		(128.580€/año)	681.430€/año
TOTAL	1.679.000€		552.850€/año

Tabla A.7 Tabla de viabilidad de la alternativa 2.

Por lo que el retorno de la inversión es de:

RI	3.72 años
----	-----------

Alternativa 3:

Propuesta	Inversión	Gastos	Ahorros
Proceso de montaje <i>semiautomático.</i>	449.000€	(128.580€/año)	385.740€/año
Almacén secuenciador <i>automático.</i> (Logística interna + logística externa)	1.583.400€	0€/año	552.850€/año
		(128.580€/año)	938590€/año
TOTAL	2.032.400€		810.010€/año

Tabla A.8 Tabla de viabilidad de la alternativa 3.

Por lo que el retorno de la inversión es de:

RI	2.51 años
----	-----------

Alternativa 4:

Propuesta	Inversión	Gastos	Ahorros
Proceso de montaje completamente <i>automático.</i>	955.000€	(257.130€/año)	642.825€/año
Operación de trasvase con <i>manipulador.</i>	309.000€	(128.580€/año)	0€/año
Operador logístico externo actual.	0€	0€/año	0€/año
		(385.710€/año)	642.825€/año
TOTAL	1.264.000€		257.115€/año

Tabla A.9 Tabla de viabilidad de la alternativa 4.

Por lo que el retorno de la inversión es de:

RI	4.92 años
----	-----------

A. Valoraciones económicas

Alternativa 5:

Propuesta	Inversión	Gastos	Ahorros
Proceso de montaje completamente <i>automático</i> .	955.000€	(257.130€/año)	642.825€/año
Operación de descarga automática.	1.230.000€	0€/año	154.860€/año
<i>Operador logístico externo actual.</i>	377.000€	0€/año	140.830€/año
		(257.130€/año)	938.515€/año
TOTAL	2.185.000€		681.385€/año

Tabla A.10 Tabla de viabilidad de la alternativa 5.

Por lo que el retorno de la inversión es de:

RI	3.76 años
----	-----------

Alternativa 6:

Propuesta	Inversión	Gastos	Ahorros
Proceso de montaje completamente <i>automático</i> .	955.000€	(257.130€/año)	642.825€/año
Almacén secuenciador <i>automático</i> . (Logística interna + logística externa)	1.583.400€	0€/año	552.850€/año
		(257.130€/año)	1.195.675€/año
TOTAL	2.538.400€		938.545€/año

Tabla A.11 Tabla de viabilidad de la alternativa 6.

Por lo que el retorno de la inversión es de:

RI	2.70 años
----	-----------

B. Valoraciones de la productividad

B.1 Productividad

Como ya se ha señalado en la memoria, para calcular el indicador de la productividad se ha optado por tomar el cociente de número de operarios que son necesarios para la fabricación de un coche. En éste número de operarios no solamente se han tenido en cuenta los operarios que directamente realizan el montaje de las ruedas, sino que se ha tomado como referencia los operarios que realizan la secuenciación en el operador logístico ya que éstos han sido también entidad de optimización. Así pues, el cálculo que se ha realizado queda mostrado con la siguiente expresión:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Coches}}{\text{Número de operarios necesarios para producir un coche}}$$

Siendo once el número de operarios necesario para el montaje de las ruedas en la situación inicial y para las respectivas alternativas el número que se indica en la tabla B.1:

	Número de operarios
Alternativa 1	9
Alternativa 2	6
Alternativa 3	3
Alternativa 4	7
Alternativa 5	4
Alternativa 6	1

Tabla B.1 Número de operarios según alternativa

Sustituyendo el número de operarios necesario para cada alternativa en la expresión anteriormente expuesta se han sacado las nuevas productividades expuestas en la tabla B.2:

	Productividades nuevas
Alternativa 1	0,111
Alternativa 2	0,167
Alternativa 3	0,333
Alternativa 4	0,143
Alternativa 5	0,250
Alternativa 6	1,000

Tabla B.2 Productividades nuevas según alternativa

C. Valoraciones del proceso

C.1 Proceso

Como se ha señalado en la memoria, el indicador de mejora de proceso es la disponibilidad. Ésta se define como: tiempo real de funcionamiento entre tiempo teórico de funcionamiento. Es por ello que se mide en porcentaje de tiempo en funcionamiento. La disponibilidad es un indicador que es función del grado de automatización de una instalación, aunque éste no solamente depende de la automatización sino también de la tecnología empleada.

Para calcular las nuevas disponibilidades según alternativa se utilizan las siguientes expresiones:

$$Disp_{nueva} = Disp_{talleractual} \cdot Disp_{instalaci\acute{a}n\acute{n}ueva}$$

$$Disp_{instalaci\acute{a}on\acute{n}ueva} = Disp_{instalaci\acute{a}on\acute{a} de montaje} \cdot Disp_{logistica\acute{a}nterna} \cdot Disp_{logistica\acute{a}externa}$$

Siendo la disponibilidad actual del taller de montaje un 97,5% y las disponibilidades de las combinaciones de alternativas las que se muestran la tabla C.1:

		Diponibilidad
Montaje	Semiautom\'atico	99,5%
	Autom\'atico	97,0%
Logistica interna	Manual	99,8%
	Autom\'atico	99,8%
Log\'istica externa	Almac\'en secuenciador	99,8%

Tabla C.1 Disponibilidades nuevas según propuesta

Sustituyendo las nuevas disponibilidades de cada instalación y la disponibilidad en las expresiones presentadas anteriormente se obtienen las nuevas disponibilidades según alternativas como se muestra en la tabla C.2:

	Disponibilidad nueva
Alternativa 1	96,8%
Alternativa 2	96,8%
Alternativa 3	96,8%
Alternativa 4	94,4%
Alternativa 5	94,4%
Alternativa 6	94,4%

Tabla C.2 Disponibilidades nuevas según alternativa

D. Valoraciones ergonómicas

D.1 Valoraciones ergonómicas

El método “**EAWS**“ (European Assembly Work-Sheet) es un método de detección destinado al análisis y evaluación del riesgo laboral, asociado a cargas físicas, para ser aplicado tanto en la fase de planificación, como en la fase de producción. **EAWS** se rige por lo establecido en el marco de las directivas sobre la seguridad y salud de los trabajadores en el trabajo (89/391/CCE), así como a la directiva europea sobre máquinas (89/392/CEE, 98/37/CE, 2006/42/CE).

Gracias a su enfoque integral, el **EAWS** puede ser aplicado en todas las fases del proceso de manufactura, y permite la evaluación de las tareas u operaciones dentro de un ciclo de trabajo, así como también dentro de un turno de trabajo completo, si éste se considerara como crítico.

El método permite la evaluación de operaciones de trabajo desde el inicio de la fase de concepción y, de esta manera, cumple con los requisitos impuestos en la ley de protección laboral alemana (*en alemán: Arbeitsschutzgesetz*) y en las normas europeas sobre máquinas (ej. EN 614, EN 1005).

EAWS permite el análisis de las cargas físicas en un proceso de detección, requiriendo solamente papel y lápiz, y se basa en la experiencia adquirida en un proceso de más de diez años de desarrollo, el cual originó varios métodos precursores a **EAWS** (ej. DesignCheck1, NPW2, AAWS3 y IAD-BkB4). Estos métodos se han perpetuado a través de años de experiencia en su aplicación industrial y han contribuido a mejoras substanciales de las situaciones de trabajo dadas. Ellos garantizan la conformidad legal con las directivas europeas concernientes a las cargas físicas (89/391/CCE, 90/269/CCE, 98/37/CE, 2006/42/CE). El desarrollo de **EAWS** está basado en métodos y normas reconocidos nacional e internacionalmente (EN 292, EN 614, EN 1050, EN 894, EN 1005 y ISO 14121, ISO 11226, ISO 11228). Estos contemplan básicamente cuatro categorías:

1. La directiva de la Unión Europea 89/391/CEE junto con reglamentos específicos (en el caso de Alemania, ley de protección laboral alemana, *en alemán: Arbeitsschutzgesetz*, junto con los reglamentos correspondientes).
2. La directiva comunitaria sobre máquinas 98/37/CE, modificada por la directiva 98/79/CE, junto con las normas CEN y las normas ISO

correspondientes (en el caso de Alemania, leyes sobre la seguridad de productos y equipos, en alemán: Produkt- und Gerätesicherheitsgesetz).

3. Métodos desarrollados por el Instituto de Ergonomía de la Universidad Tecnológica de Darmstadt (IAD) en Alemania.
4. Métodos reconocidos internacionalmente (ej. NIOSH, OCRA, etc.).

EAWS fue desarrollado por el Instituto de Ergonomía de la Universidad Tecnológica de Darmstadt en Alemania, conjuntamente con el Directorio Internacional MTM (**IMD**, inglés: International MTM Directorate), y ha sido probado en plantas europeas del sector automotriz, del sector de manufactura de componentes para automóviles, del sector de construcción de máquinas y del sector eléctrico. Este método fue evaluado a través de su aplicación en cientos de estaciones de trabajo, por parte de expertos en el área de ergonomía y medicina ocupacional, así como también, por parte de operadores o por sus representantes.

D.2 Estructura y aplicación de **EAWS**

El Método **EAWS** se basa en los métodos de detección “AAWS” y “IAD-BkB” y fue concebido conforme al “Método de Indicadores Claves” LMM5. El método permite el análisis del riesgo laboral y asigna puntos de carga a las condiciones ergonómicamente inadecuadas. El método considera los cuatro aspectos (tipos de cargas, ver la tabla).

El análisis requiere la ponderación, en una escala ordinal o de intervalo, y la documentación de las características de carga de las tareas, tales como duración/frecuencia, postura y posición adoptada por el trabajador, la cantidad de fuerza de acción aplicada, el peso de la carga manipulada, las condiciones organizativas y las condiciones bajo las cuales se realiza la tarea. Estos parámetros ponderados se transforman subsecuentemente en una suma de puntos, a los que a su vez se les asignan tres niveles de riesgo. La manipulación manual de cargas en este método de evaluación está definida en dos partes, en analogía a LMM.

El método está caracterizado por dos criterios; el primero, la objetividad de la descripción de las cargas laborales, esto a través del registro y documentación de las características de las tareas de trabajo, y como segundo criterio se lleva a cabo la

evaluación mediante el cálculo de la suma de puntos y la clasificación del riesgo. En el puntaje de carga se cuantifican las condiciones ergonómicamente inadecuadas de los factores de riesgo. Estas características son ponderadas de acuerdo a la intensidad y duración de la exposición (período de afección). Mediante la adición de los valores ponderados se obtiene una puntuación total. A partir de esta puntuación se lleva a cabo la clasificación en niveles de riesgo según el principio del semáforo, conforme a las normas sobre máquinas (EN 614).

La estructura modular del método **EAWS** toma en cuenta las cargas físicas en cada uno de los módulos (secciones) y permite la evaluación alternativa en los cuatro puntos esenciales:

- **Módulo 1:** posturas y movimientos con aplicación de fuerzas bajas /peso liviano ($\leq 30 \text{ N}$, 3 kg)
- **Módulo 2:** fuerzas de acción aplicadas con los dedos y manos, así como fuerzas ejercidas con los miembros superiores e inferiores del cuerpo en posturas típicas reales (> 30 a 40N)
- **Módulo 3:** manipulación manual de cargas ($>3 \text{ kg}$ para hombres y $>2 \text{ kg}$ para mujeres) en posturas típicas reales (las cargas menores serán contempladas en la parte “fuerzas de acción” o “posturas”)
- **Módulo 4:** evaluación de los miembros superiores por movimientos repetitivos, ejecutados en ciclos cortos.
- **Módulo 0:** puntos extras para la evaluación de otros factores que afectan el trabajo y que no fueron considerados en los módulos 1 al 4.

La estructura básica del método comprende tres partes:

- La parte de la identificación y de la información sobre la versión (puesto de trabajo/ sistema de trabajo / centro de costos / actividad(es) y fábrica)
- La parte de la evaluación total
- La parte de la evaluación de los diferentes tipos de carga (en los módulos individuales).

En la parte de identificación se registran informaciones sobre el objeto de estudio (puesto de trabajo, operador).

En la parte de evaluación total se documentan los resultados determinados en cada uno de los módulos. Dependiendo del resultado de la suma de los puntajes, se lleva a cabo una clasificación según el principio del semáforo, conforme a la EN 614. Este principio del semáforo (sistema de clasificación en tres zonas, figura C.1) se utiliza comúnmente en los análisis ergonómicos y se considera prácticamente como un estándar en la clasificación del riesgo en evaluaciones ergonómicas.

		CUERPO ENTERO	=	Postura	+	Fuerzas	+	Manipulación manual de cargas	+	Extra	
			=		+		+			+	
Evaluación con EAWS	0-25 puntos	verde		Bajo riesgo: recomendable; no se requiere tomar medidas							
	26-50 puntos	amarillo		Posible riesgo: no se recomienda; se sugiere tomar medidas para el rediseño u otras medidas que ayuden a controlar el riesgo							
	>50 puntos	rojo		Alto riesgo: a ser evitado; se requiere tomar medidas para reducir el riesgo							

Figura D.1 Clasificación en zonas.

El sistema de clasificación en tres zonas, conforme a la EN 614, contiene tres zonas que se definen a continuación:

ZONA VERDE = bajo riesgo, recomendada, no hace falta tomar ninguna medida. El riesgo de desarrollar enfermedades laborales o de sufrir alguna lesión no es relevante para los operadores en cuestión.

ZONA AMARILLA = posible riesgo, no se recomienda. Se requiere una evaluación adicional del riesgo, así como un análisis para la consideración de otros factores de riesgo asociados. A raíz de esto se requiere la toma de medidas tempranas para el rediseño del puesto de trabajo o, en caso de no ser posible, otras medidas que ayuden a controlar el riesgo. Para los operadores en cuestión existe un riesgo menor de desarrollar enfermedades laborales o de sufrir alguna lesión.

ZONA ROJA = alto riesgo, a ser evitada. El riesgo de desarrollar enfermedades laborales o de sufrir alguna lesión es evidente y no es conveniente exponer a los operadores en cuestión a este riesgo.

En caso de que el análisis resulte en las puntuaciones de la zonas roja o amarilla, se debe analizar cuál *operación de trabajo o parte del proceso*, dentro del ciclo laboral o parte de la jornada diaria, es responsable de la puntuación desfavorable. En principio, se supone que en la zona 1 (verde, ≤ 25 puntos) “la

probabilidad del desarrollo de enfermedades laborales o del sufrimiento de alguna lesión no es relevante para los empleados en cuestión". Al contrario representa la zona 3 (roja, ≥ 50 puntos) un potencial de alto riesgo. "La probabilidad del desarrollo de enfermedades laborales o del sufrimiento de alguna lesión es evidente y no es conveniente exponer a los operadores en cuestión a este riesgo." En la zona 2 (amarilla, > 25 hasta < 50 puntos) existe "para los operadores en cuestión un riesgo menor de desarrollar enfermedades laborales o de sufrir alguna lesión."

Sin embargo no es necesario, desde el punto de vista fisiológico, ni apropiado, desde el punto de vista económico, establecer estos límites estrictamente. Ya que estos límites protegen principalmente a los empleados con poca capacidad de carga. En el caso de empleados con mayor capacidad de carga se pueden aceptar valores más altos. La transición de una zona a la siguiente es continua. Las características individuales de capacidad de carga, también ayudan a posicionar a personas en diferentes zonas, que realizando las mismas tareas presentan condiciones de rendimiento diferentes. Por lo tanto, los trabajadores "adecuados" podrían eventualmente llevar a cabo, "sin riesgo", las tareas que para trabajadores "normales" o con "capacidad reducida de carga" ya hubieran sido asociadas a un cierto nivel de riesgo. De acuerdo al artículo §4 de ley de protección laboral alemana (*en alemán: Arbeitsschutzgesetz*), se obliga al empleador a considerar "riesgos especiales" para grupos de empleados que requieren particularmente de protección. Además, sólo se permiten "diferentes regulaciones directas o indirectas en función del género, en caso de ser obligatorio por causas biológicas", lo que limita una selección de empleados "adecuados".

D.3 Evaluación de los tipos de carga

A efectos de estandarización, el EAWS es apropiado tanto para la fase de desarrollo como para la fase de planificación. En la parte de la evaluación de los diferentes tipos de carga se ponderan las tareas de un empleado a lo largo de todo el turno por medio de cada módulo.

D.3.1 Módulo 1: Posturas y movimientos de alta frecuencia

Definiciones

En el módulo 1 de la hoja de trabajo se ponderan:

- trabajos **estáticos** por parte de los músculos, para estabilizar el cuerpo, o para sujetar objetos (**posturas**).
- movimientos del tronco de **alta frecuencia** así como **movimientos** del sistema mano-brazo.

Procedimiento (filas 1 a la 16)

Se debe observar y ponderar un ciclo completo de trabajo. Para la puntuación de posiciones del cuerpo, así como de posturas del tronco y brazo, se consideran solamente las porciones estáticas o de alta frecuencia de dichas posturas. Se ponderan las partes estáticas de las posturas consideradas, pero no los movimientos que conllevan a la postura o que se realizan para abandonar la postura.

Las posturas del tronco se suponen como simétricas en un principio (posturas en 2D). Cargas adicionales por postura en forma de torsiones del tronco, inclinaciones laterales del tronco, así como alcance con brazo extendido (posturas en 3D) se clasifican a continuación.

Para el análisis y ponderación de las posturas y movimientos del cuerpo entero, del tronco y del brazo se deben considerar cuatro pasos:

1. Ponderación del **tipo de postura y movimiento (porcentaje de postura simétrica)**
2. Determinación de la **duración de la evaluación (porcentaje de postura simétrica)**
3. Ponderación de las **posturas del tronco y del brazo (porcentaje de posturas asimétricas y alcance con brazos extendidos)**
4. Cálculo del puntaje de postura total (**adición**).

1er paso: Ponderación del tipo de postura y movimiento

Identificación y caracterización de las posturas y/o movimientos de cuerpo entero y de brazos de alta frecuencia (selección de filas relevantes), las cuales se clasifican según se ve en la figura D.2.

De pie						
1		Estar de pie y caminar alternadamente, con la espalda derecha o ligeramente doblada	0	0	1	1
2		Estar de pie, sin soporte	1	2	4	8
Sentado						
3		Espalda derecha o ligeramente doblada, con respaldo	0	0	0	1
4		Espalda derecha, sin respaldo	0	1	2	4
Arrodillado o en cucillas						
5		Espalda derecha	5	9	15	27
6		Inclinado hacia adelante	6	14	25	45
7		Brazos al nivel o por encima de los hombros	9	23	43	80
8			135			
Tendido o trepando						
9		Tendido sobre la espalda, pecho o de lado, brazos por encima de la cabeza	9	21	37	68
10		Trepando	10	33	66	
11						
12						
13						
14						
15						
16						

Figura D.2 Tablas de clasificación de posturas.

2do paso: Determinación de la duración de la evaluación (porcentaje de postura simétrica)

La duración total de las diferentes posturas identificadas (ej. muy inclinado hacia delante), por ciclo o por turno completo, se estiman o se toman del análisis MTMUAS. El puntaje resultante se lee del eje de los tiempos y de las filas correspondientes a las posturas y movimientos determinados.

Las ponderaciones en el módulo 1 del método se normalizan con respecto a la duración de un turno (basado en 8 horas). Para poder considerar ciclos con duraciones diferentes o tareas que se tardan varios ciclos, se calcula la duración de la

evaluación en “s/min” por medio de la multiplicación de la duración de la postura o movimiento por 60 s y su división entre la duración del ciclo [s], para cada fila relevante, antes de la determinación del puntaje.

Posiciones básicas	(por minuto / turno)	Suma de las filas
así como posturas del tronco y de los brazos (incl. cargas / fuerzas de acción de 30-40N) para duraciones del ciclo ≤ 60s , se corren los puntajes en las filas 1-17 como sigue: Duración de la evaluación = (duración de la postura o movimiento) × 60 ÷ duración del ciclo [s]	Duración de la evaluación para posturas estáticas del tronco y brazos [% , s/min, min/8h] 5.....10.....20.....33.....67.....>67 3.....6.....12.....20.....40.....>40 25....50....100.....160 ..320 ...>320	

Figura D.3 Tabla de duración de posturas.

La duración total, referente a la postura, se determina a través de la suma de las puntuaciones individuales para luego asignar el puntaje correspondiente.

Si los tiempos a ponderar, no se encuentran entre los valores tabulados, estos se pueden obtener por interpolación entre los tiempos tabulados adyacentes. Los valores que permiten interpolación están separados por líneas **rayadas**, líneas **punteadas** o líneas **punteadas-rayadas** (filas, columnas y renglones).

3er paso: Ponderación de las **posturas del tronco y del brazo (porcentaje de posturas asimétricas y alcance con brazos extendidos)**

En este paso se evalúan las cargas adicionales por postura, que se pueden presentar en las posturas ya ponderadas. Éstas son torsiones del tronco, inclinaciones laterales del tronco, así como alcance con los brazos extendidos. En la tabla D.1 se pueden ver estas clasificaciones.

torsión del tronco	
inclinación lateral del tronco	
alcance con los brazos extendidos	<p>sólo se selecciona cuando los brazos se encuentran entre un ángulo de 30°, bajo el nivel del hombro, y 60°, sobre el nivel del hombro.</p>

Tabla D.1 Posturas.

Los dos factores, duración de la carga e intensidad, son utilizados para determinar el puntaje (ponderación). Como se puede apreciar en la figura D.4 ambos factores se determinan por separado, para después ser multiplicados por el otro. Por ejemplo, se asigna el número 5 como intensidad de la carga, por causa de una torsión extrema del tronco. Si se adopta muy frecuentemente o por mucho tiempo (>20%), se asignan 3 puntos a la duración. En consecuencia, se obtienen 15 puntos en la puntuación total para la torsión del tronco. Sin embargo, en caso de que esta postura sólo se adopte frecuentemente (15%), los puntos de duración son 2,5 y, en consecuencia, se obtienen en total 12,5 puntos. Si se adopta raramente (aprox. 3%), se obtienen 5 puntos.

1)	0 1,5 2,5 3 nunca (0%) 4s (6%) 10s (15%) >13s (20%) 0 1 3 5 ligera, <10° media, ~15° fuerte, ~25°extrema, >30°	2)	0 1 1,5 2 nunca (0%) 4s (6%) 10s (15%) >13s (20%) 0 1 3 5 cercano ~60% del ~80% del al cuerpo alcance alcance brazo extendido
-----------	---	-----------	---

Figura D.4 Valoración de duración de la carga e intensidad.

Si se presentan varios casos de carga, a puntuar dentro del tiempo de observación, se calcula una media de las intensidades de las cargas, ponderada con los tiempos, y se suman los valores individuales de la duración de las cargas.

4to paso: Cálculo del puntaje de postura total (**adición**).

Primero se ponderan las duraciones de la evaluación correspondiente a las diferentes posturas (sin tomar en cuenta las cargas adicionales por postura), y a continuación se asignan en la columna derecha de las filas afectadas, el puntaje correspondiente. Despues se suman los valores de la columna “suma de las filas” y se escriben en la última fila de la primera hoja, llamada “postura = Σ filas 1-16”.

La suma de los puntajes individuales de carga conlleva a la evaluación total de las posturas en 2D y en 3D.

D.3.2 Módulo 2: fuerzas de acción

Definiciones

En el módulo 2 de la hoja de trabajo se ponderan:

- **Fuerzas aplicadas con los dedos**, las cuales se aplican, por ejemplo, en el ensamblaje de clips o de conectores, así como cargas por atornillar manualmente y otras tareas que afectan fuertemente los dedos.
- **Fuerzas aplicadas con los brazos y/o con el cuerpo entero**.

Procedimiento (puntos por fuerza, filas 17 y 18)

Para este análisis se requiere seguir tres pasos:

1. Ponderación del factor “**nivel de fuerza**”
2. Ponderación de la **duración y frecuencia**
3. **Evaluación**

1er paso: Ponderación del nivel de fuerza.

La ponderación del “nivel de fuerza” se determina a partir de la estimación del esfuerzo medio en relación [%] a la fuerza máxima (F_{\max}). Los datos del “Atlas de fuerzas específico para el montaje” de la figura sirven de orientación para las fuerzas máximas.

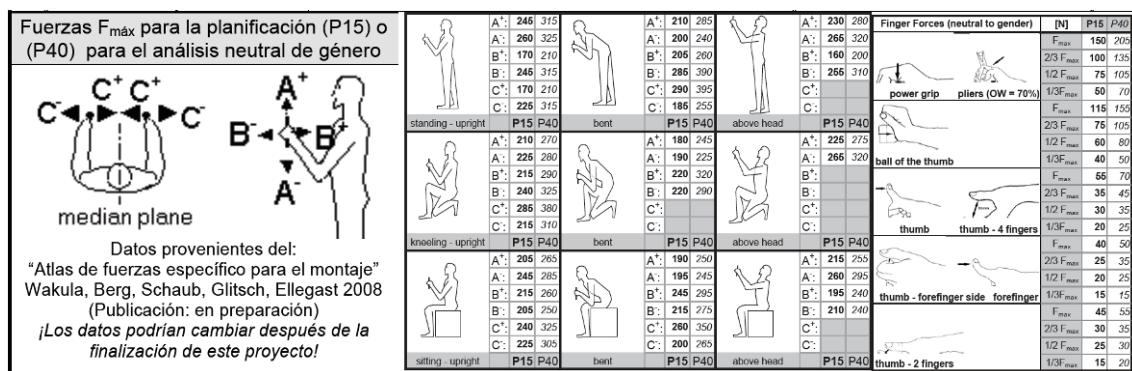


Figura D.5 Atlas de fuerzas.

2do paso: Ponderación de la duración, porcentaje de tiempo o frecuencia.

La ponderación de la duración de aplicación de la “fuerza” se calcula en segundos por minuto [s] o en porcentaje por turno [%]. En caso de que las fuerzas, aplicadas con los dedos o con el cuerpo entero, sean dinámicas o en forma de impulsos, se estima la frecuencia (n) dentro del período de observación, en vez de la “duración de la carga”, y se normaliza en base a un minuto. En la tabla D.2 se aprecia lo anteriormente expuesto.

17		Fuerzas aplicadas con los dedos (ej. clip, conector)	0 1 1 1,5 2 3,5 7
			[s] 3 6 9 12 20 30 [%] 5 10 15 20 33 50
18		Fuerzas aplicadas con los brazos o el cuerpo entero (sin carga)	0 1,5 2 3 4,5 6,5 10
			[s] 3 6 9 12 20 30 [%] 5 10 15 20 33 50
			0 6 15 25 50
			~1/6 F_{\max} ~1/3 F_{\max} ~1/2 F_{\max} ~2/3 F_{\max} F_{\max}

Tabla D.2. Duración de las fuerzas.

3er paso: Evaluación.

La puntuación se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$R_{\text{Puntaje por fuerzas de acción}} = D_{\text{Puntaje por duración o cantidad}} \times I_{\text{Nivel de fuerza (puntos por intensidad)}}$$

Duración o porcentaje/minuto o cantidad/minuto x puntaje del nivel de fuerza (% Fmáx).

Fuerzas de acción (por minuto / turno)			Fuerzas																																											
17		Fuerzas aplicadas con los dedos (ej. clip, conector)	<table border="1"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1,5</td><td>2</td><td>3,5</td><td>7</td></tr> <tr><td>[s]</td><td>3</td><td>6</td><td>9</td><td>12</td><td>20</td></tr> <tr><td>[%]</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>30</td></tr> <tr><td>0</td><td>1,5</td><td>2</td><td>2,5</td><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>[n]</td><td>4</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>7</td><td>15</td><td>25</td><td>50</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>~1/6 F_{máx}</td><td>~1/3 F_{máx}</td><td>~1/2 F_{máx}</td><td>~2/3 F_{máx}</td><td>F_{máx}</td></tr> </table>	0	1	1,5	2	3,5	7	[s]	3	6	9	12	20	[%]	5	10	15	20	30	0	1,5	2	2,5	3		[n]	4	10	15	20		0	7	15	25	50			~1/6 F _{máx}	~1/3 F _{máx}	~1/2 F _{máx}	~2/3 F _{máx}	F _{máx}	Duración o frecuencia x nivel de fuerza puntuaciones individuales: Σ
0	1	1,5	2	3,5	7																																									
[s]	3	6	9	12	20																																									
[%]	5	10	15	20	30																																									
0	1,5	2	2,5	3																																										
[n]	4	10	15	20																																										
0	7	15	25	50																																										
	~1/6 F _{máx}	~1/3 F _{máx}	~1/2 F _{máx}	~2/3 F _{máx}	F _{máx}																																									
18		Fuerzas aplicadas con los brazos o el cuerpo entero (sin carga)	<table border="1"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1,5</td><td>2</td><td>4</td><td>8,5</td></tr> <tr><td>[s]</td><td>3</td><td>6</td><td>9</td><td>12</td><td>30</td></tr> <tr><td>[%]</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>30</td></tr> <tr><td>0</td><td>1,5</td><td>2</td><td>3</td><td>4,5</td><td>10</td></tr> <tr><td>[n]</td><td>1-2</td><td>3</td><td>6</td><td>8</td><td>10</td></tr> <tr><td>0</td><td>6</td><td>15</td><td>25</td><td>50</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>~1/6 F_{máx}</td><td>~1/3 F_{máx}</td><td>~1/2 F_{máx}</td><td>~2/3 F_{máx}</td><td>F_{máx}</td></tr> </table>	0	1	1,5	2	4	8,5	[s]	3	6	9	12	30	[%]	5	10	15	20	30	0	1,5	2	3	4,5	10	[n]	1-2	3	6	8	10	0	6	15	25	50			~1/6 F _{máx}	~1/3 F _{máx}	~1/2 F _{máx}	~2/3 F _{máx}	F _{máx}	Duración o frecuencia x nivel de fuerza puntuaciones individuales: Σ
0	1	1,5	2	4	8,5																																									
[s]	3	6	9	12	30																																									
[%]	5	10	15	20	30																																									
0	1,5	2	3	4,5	10																																									
[n]	1-2	3	6	8	10																																									
0	6	15	25	50																																										
	~1/6 F _{máx}	~1/3 F _{máx}	~1/2 F _{máx}	~2/3 F _{máx}	F _{máx}																																									
Fuerzas = Σ filas 17 - 18			Atención: puntaje máx = 350, fila 17 500, fila 18	Atención: corregir la valoración, si duración del ciclo < 60s																																										

Tabla D.3 Fuerza de acción.

Fuerzas con los dedos (sin género)	[N]	P15	P40
	F _{máx}	150	205
	2/3 F _{máx}	100	135
	1/2 F _{máx}	75	105
	1/3 F _{máx}	50	70
	F _{máx}	115	155
	2/3 F _{máx}	75	105
	1/2 F _{máx}	60	80
	1/3 F _{máx}	40	50
	F _{máx}	55	70
	2/3 F _{máx}	35	45
	1/2 F _{máx}	30	35
	1/3 F _{máx}	20	25
	F _{máx}	40	50
	2/3 F _{máx}	25	35
	1/2 F _{máx}	20	25
	1/3 F _{máx}	15	15
	F _{máx}	45	55
	2/3 F _{máx}	30	35
	1/2 F _{máx}	25	30
	1/3 F _{máx}	15	20

Tabla D.4 Fuerza con los dedos.

D.3.3 Módulo 3: manipulación manual de cargas

Definiciones

El módulo 3 de **EAWS** corresponde al levantamiento/depósito, sostén, transporte, empuje y tracción de cargas del **Método de Indicadores Claves** (en alemán: Leitmerkmalmethode, **LMM**), desarrollado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en Alemania (en alemán: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, BAuA) y revisado en el 2001.

Manipulación manual de cargas (por turno)										Manipulación manual	
19	Peso de la carga [kg] para colocación (levantamiento / depósito), transporte y sostén, así como empuje y tracción										
	Colocación, transporte y sostén	hombres	3	10	15	20	25	30	35	40	> 40
		mujeres	2	5	7	10	12	15	20	25	> 25
	Puntos de carga		1	1,5	2	3	4	5,5	7	8,5	25
	Empuje y tracción	hombres	carretillas, balanceadores, manipuladores	< 50	75	100	150	200	250		
		mujeres		< 40	60	80	115	155	195		
	hombres	carritos sin ruedas fijas	< 50	75	100	150	250	350	550		
		mujeres		< 40	60	80	115	195	270	425	
	hombre	carritos con ruedas fijas	< 50	75	150	250	350	500	600	800	1250
		mujeres		< 40	60	115	195	270	385	460	615
	Puntos de carga	Medio de transporte	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	8
	Postura, posición de la carga (seleccione la postura representativa)										
+ (++)											
			<ul style="list-style-type: none"> Tronco derecho y sin torsión Carga junto al cuerpo 		<ul style="list-style-type: none"> Tronco ligeramente doblado o girado Carga junto o cerca del cuerpo 		<ul style="list-style-type: none"> Flexión profunda o inclinación hacia delante lejos del cuerpo Tronco ligeramente doblado y girado simultáneamente Carga lejana al cuerpo o por encima del nivel de los hombros 		<ul style="list-style-type: none"> Flexión profunda y giro del tronco Carga lejana al cuerpo Estabilidad postural limitada, de pie En cucillas o arrodillado 		
	Puntos de postura	1	2			4				8	
(+)	(0 = muy poca resistencia al rodar) Condiciones de ejecución (sólo para empuje y tracción de carritos)	(8 = muy alta resistencia al rodar)									
	• empuje / tracción sobre suelo nivelado	• ...sobre suelo ligeramente desigual o con pequeños baches	• ...sobre chapa acanalada, suelo con baches o entrar / salir de un camión	• carritos arrancados con fuerza, camino fuertemente deteriorado							
	Puntos de condición	0-2	3		5				6	8	
x	Frecuencia de manipulación de cargas [Nro. / turno], duración del sostén [min] o distancia recorrida [m / turno]										
	Nro. de colocaciones.empuje/tracción <5m		5	25	120	350	750	1000	1500	2000	2500
	tiempo (duración del sostén)		2,5 min	10 min	37 min	90 min	180 min	> 240 min			3000
	distancia (transporte, empuje y tracción > 5m)		300 m	650 m	2,5 km	6 km	12 km	> 16 km			
	Puntos de Nro., tiempo o distancia	1	2	4	6	8	10	11	13	14	15
19a	(carga + postura + (condición)) x (Nro. o tiempo o distancia)	colocación (¹ < 5 s)	(+)	sostén (¹ > 5 s)	(+)	transporte (¹ > 5 m)	(+)	empuje y tracción	(+)		
		x	=	x	=	x	=	x	=		
¹⁾ La suma máxima permitida de los puntos de Nro., tiempo y distancia para todas las tareas de colocación, sostén y transporte, así como empuje y tracción = 15											
Cargas = Σ fila 19a				=	colocación	+	sostén	+	transporte	+	empuje/ tracción
				=							=

Tabla D.5 Manipulación de cargas

Por lo general se evalúa la manipulación de cargas (Tabla D.5) en el módulo “Manipulación manual de cargas” a partir de un peso de 3 kg para hombres y 2 kg para mujeres.

Procedimiento (filas 19 y 19a)

Se realiza únicamente una ponderación por categoría, es decir, una para la “colocación”, una para el “sostén”, una para el “transporte” y otra para la “tracción y empuje” de cargas. El análisis se realiza principalmente para tareas parciales y se basa en un día de trabajo entero (por lo general 8 horas).

En caso de que el peso de la carga, las condiciones de trabajo y/o la postura de trabajo cambien durante una tarea, se calcula el promedio. Si se presentan diferentes pesos de carga, se calcula el promedio ponderado de acuerdo a la frecuencia, para cada uno de las categorías por separado para colocación, sostén, transporte, tracción y empuje.

Para la evaluación se deben seguir los tres pasos siguientes:

1. Ponderación de **los factores referentes a la intensidad de la carga**
2. Ponderación de **la duración, frecuencia y distancia**
3. **Evaluación**

1er paso: Ponderación del **peso de la carga, postura** (posición de la carga) y **condiciones de ejecución**.

- **Peso de la carga.**

Las categorías de peso de la carga se presentan por separado para cada género. El peso de la carga se refiere a la “carga efectiva”, es decir, la fuerza ejercida para manipular el peso y/o la fuerza para la tracción o empuje, la cual se debe ejercer realmente. Esto no corresponde siempre a la masa de la carga (ej. al volcar una caja sólo se ejerce una fuerza igual al 50% de la masa de la carga, al usar una carretilla sólo 10%).

- **Postura, posición de la carga.**

La ponderación de las posturas se determina por medio de los pictogramas en la tabla. Para las tareas parciales, se deben de emplear las **posturas características/representativas adoptadas durante la manipulación de las cargas**. Si durante el tránscurso de la tarea se adoptan diferentes posturas, se puede calcular un promedio ponderado de las puntuaciones de posturas respecto al tiempo para las tareas parciales a analizar (no se

deben utilizar valores extremos ocasionales).

- **Condiciones de ejecución (sólo para la tracción y el empuje de carritos).**

Para determinar las condiciones de ejecución se deben considerar las predominantes con respecto al tiempo. Las condiciones que generen incomodidad, pero que carezcan de relevancia para la seguridad, no se deben tomar en cuenta.

2do paso: Ponderación de la duración del sostén, frecuencia de la manipulación y distancia recorrida:

- **Duración del sostén.**

Para las tareas parciales que se caracterizan por el **sostén** de una carga, se toma como base la duración total del sostén durante un día de trabajo.

- **Frecuencia.**

Para tareas parciales que se caracterizan por la **repetición regular de operaciones cortas de levantamiento, depósito o colocación**, la puntuación se basa en la cantidad de operaciones durante un día de trabajo.

- **Distancia recorrida.**

Para las tareas que se caracterizan por el **transporte, la tracción y el empuje** de una carga, se toma como base la distancia total recorrida durante un día de trabajo, en la cual se manipula una carga (la velocidad media al caminar es 4 km/h ≈ 1 m/s).

3er paso: Evaluación

La evaluación de cada tarea parcial de manipulación de carga se lleva a cabo por el promedio de las **puntuaciones relativas a la tarea** (adición de las puntuaciones por la intensidad de carga y su multiplicación con la puntuación por duración del sostén, frecuencia y distancia recorrida). La evaluación total de las distintas manipulaciones se calcula a partir de la suma de las valoraciones individuales.

D.3.4 Módulo 4: cargas de los miembros superiores

Definiciones

Con el método **EAWS** se evalúa el riesgo de sufrir enfermedades del sistema músculo-esquelético de los miembros superiores, que se producen por la ejecución de tareas en ciclos cortos.

En el marco del método **EAWS** se definen las “acciones técnicas (AT)” = tareas parciales [EN1005-5] y movimientos dinámicos y/o posturas estáticas de las articulaciones de la mano, brazo y hombro, las cuales se requieren para la práctica de tareas repetitivas elementales, con el propósito de realizar partes del trabajo dentro del ciclo de trabajo. La tarea parcial es la característica específica, determinante para los movimientos ejecutados en ciclos cortos de movimiento y de posturas de los miembros superiores [EN1005-5]. Esta se pondera a través de su frecuencia o duración de manipulación relativa, durante un determinado período de evaluación.

En esta sección del método **EAWS** se pondera la carga en los miembros superiores por movimientos repetitivos, que se producen, por ejemplo, por causa de la manipulación de piezas muy pequeñas con alta frecuencia o por el uso de máquinas y equipos.

D.3.5 Módulo 0: Puntos extras

Definiciones

En esta sección (Tabla D.6) de la hoja de trabajo se ponderan:

- Fila 0a: **Entorpecimiento del trabajo por objetos en movimiento** (sólo se presenta, cuando se restringe el caminar, sobre todo por causa de pésimas posturas, tablas D.6)
- Fila 0b: Restricción de la tarea de trabajo por **accesibilidad** forzada (sólo se presenta, cuando, por ejemplo, se restringe la tarea, debido a la entrada y salida del compartimiento del motor o de pasajeros, en forma inadecuada y frecuente)
- Fila 0c: Cargas por **vibración, impulsos y rebotes por impacto** (ej. por el empleo de destornilladores neumáticos, destornilladores

eléctricos, martillos, pistolas para remaches y otras herramientas)

- Fila 0d: **Posiciones extremas de las articulaciones** (se evalúan posiciones de las articulaciones, especialmente de la muñeca, con respecto a su desviación máxima posible. Éstas se puntuán como posiciones estáticas, pero también se consideran las posiciones dinámicas que se presenten en combinación con fuerzas >30-40 N)
- Fila 0e: **Situaciones especiales de carga física**, las cuales no corresponden a puntajes por postura, fuerzas de acción y por manipulación de cargas (ej. Sentarse sobre superficies irregulares, trabajar con un traje protector incluyendo una máscara, sentarse sobre una superficie inclinada dentro del auto, etc.)

Puntos extras “Cuerpo entero” (por minuto / turno) (para más información, véase las instrucciones para la aplicación del método)							Puntos extras
0a	Entorpecimiento del trabajo por objetos en movimiento	0.....3.....8.....15 ninguno medio pronunciado muy pronunciado					entorpecimiento:
0b	Accesibilidad (ej. entrar al compartimiento del motor o de pasajeros)	0.....2.....5.....10 buena restringida mala muy mala					accesibilidad:
0c	Vibración, impulsos, rebotes por impacto	0.....1.....2,5.....4.....6.....8 [n] 1-2 4-5 8-10 18-20 > 20 0.....1.....2.....5 ligero visible fuerte muy fuerte					frecuencia x intensidad:
0d	Posición de articulaciones (especialmente de la muñeca)	0.....2.....2,5.....4.....6.....8 [s] 3 10 20 40 60 [n] 1 8 11 16 20 [%] 5 17 33 67 100 0.....1.....3.....5 neutral ~1/2 máx. ~2/3 máx. máxima					duración o frecuencia x intensidad:
0e	Situaciones especiales de carga física (describir) (para más información, véase las instrucciones para la aplicación de EAWS)	0.....5.....10.....15 ninguna ligera fuerte muy fuerte					otras cargas físicas:
Extras= Σ filas 0a–0e		Atención: Puntaje máx. = 40 (filas 0c, 0d); Puntaje máx. = 15 (filas 0a, 0e); Puntaje máx. = 10 (fila 0b)			Atención: Corregir la valoración, si la duración del ciclo ≠ 60s		=

Tabla D.6 Puntos extras.

Puntos (aprox.)	Entorpecimiento del trabajo por objetos en movimiento Dependiendo del porcentaje de tiempo, las puntuaciones pueden aumentar o disminuir
0	No se camina o se dan 1-2 pasos, ejecutando tareas de poca precisión
3	Se caminan pocos pasos hacia atrás o de lado, ejecutando tareas de poca precisión
5	Se caminan pocos pasos (1-2), ejecutando tareas de precisión
8	Se caminan varios pasos hacia atrás o de lado, ejecutando tareas de poca precisión, o pocos pasos hacia atrás o de lado, ejecutando tareas de precisión
10	Se caminan varios pasos, ejecutando tareas de precisión

Tabla D.7 Puntos por entorpecimiento

12	Se caminan muchos pasos, ejecutando tareas de poca precisión o se caminan muchos pasos (> 5 m), ejecutando tareas de precisión
15	Se camina tendido o en cucillas o se camina continuamente hacia atrás o de lado

Tabla D.8 Puntos por entorpecimiento.

Procedimiento (filas 0a-0e)

fila 0a: ejemplos de la puntuación por el “**entorpecimiento del trabajo por objetos en movimiento**”

fila 0b: ejemplos de la puntuación por la “**accesibilidad**”.

Puntos (aprox.)	Accesibilidad Dependiendo del porcentaje de tiempo, las puntuaciones pueden aumentar o disminuir
0	Desde afuera
3	Operaciones en la zona destinada para los pies
5	Operaciones en el área del túnel
8	Entrar al compartimiento interior anterior
9	Entrar al compartimiento interior posterior
10	Entrar al compartimiento del motor

fila 0e: tabla D.9 ejemplos de la puntuación por las “**situaciones especiales de carga física**”

Puntos (aprox.)	Situaciones especiales de carga física Dependiendo del porcentaje de tiempo, las puntuaciones pueden aumentar o disminuir
3	Sentarse sobre una superficie irregular (ej. compartimiento interior del auto) Sentarse con los glúteos y los pies aproximadamente a la misma altura
5	Caminar sobre una rejilla Trabajar con traje protector incluyendo una máscara (ningún buzo) Pararse de puntillas brevemente
8	Caminar sobre una rejilla pegajosa Sentarse sobre una superficie inclinada dentro de un auto
10	Entrar y salir continuamente de un transportador (> 5 veces / min) Operaciones sin visibilidad (valor máximo; se permite una puntuación menor)
12	Tareas de control sobre el nivel de la cabeza, que requieren levantar la vista (carga en la nuca)
15	Tareas de control continuas sobre el nivel de la cabeza

Tabla D.9 Situaciones especiales de carga física.

Resultado total del análisis de las cargas físicas

La evaluación total de las cargas físicas en un puesto de trabajo se realiza en dos semáforos, con respecto a un día de trabajo (aprox. 8h), según el principio del semáforo y conforme a la EN 614, como se aprecia en la figura D.10.

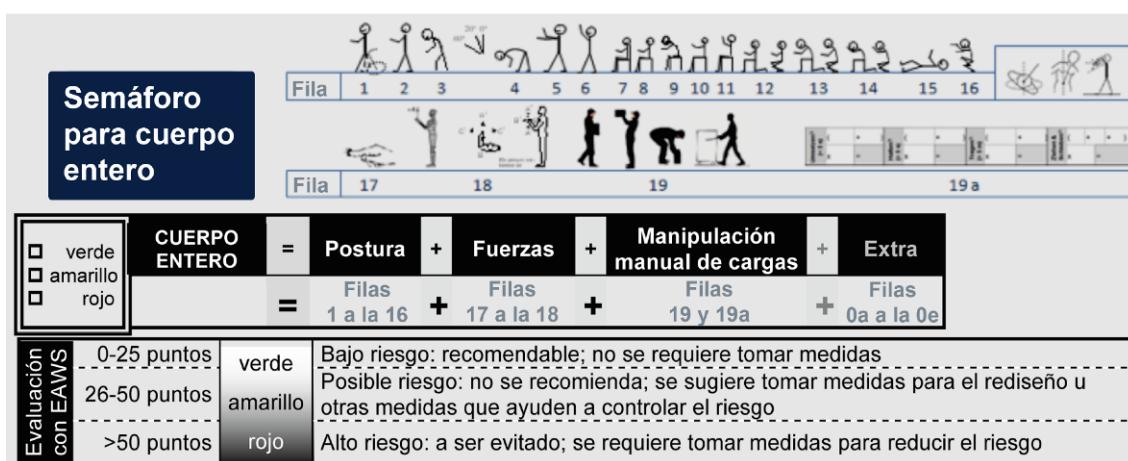


Figura D.6 Valoración por colores del semáforo

La puntuación total de cargas para el cuerpo entero, se genera a partir de la suma de los puntajes por posturas simétricas y asimétricas (filas 1 a la 16), puntaje por fuerzas de acción del sistema dedo-mano, del sistema brazo-hombro y del sistema de cuerpo entero (filas 17 y 18), puntaje por manipulación manual de cargas (filas 19 y 19a), así como puntos extras “cuerpo entero” (filas 0a a la 0e).

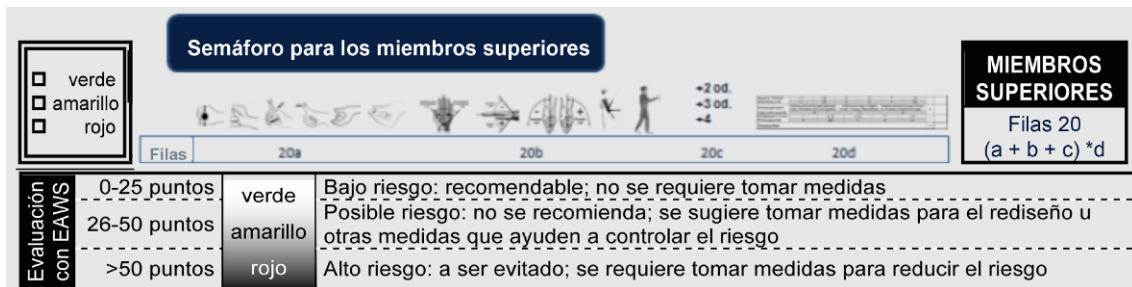


Figura D.7 Valoración por colores de los miembros superiores.

La puntuación total de cargas para los miembros superiores se genera a partir de la suma de los puntajes por acciones reales (cantidad de acciones dinámicas + porcentaje de acciones estáticas, fila 20a), puntaje por posición de mano y brazo (fila 20b), puntaje por restricciones adicionales (fila 20c), así como puntaje por la duración de los movimientos (tareas) repetitivos (fila 20d).

D.4 Valoración de los puestos de trabajo del montaje de ruedas en Volkswagen Navarra

Las valoraciones ergonómicas que se realizan en Volkswagen Navarra se hacen mediante el método anteriormente expuesto, el EAWS, a través de la aplicación informática de AP-Ergo. Esta aplicación hace los cálculos de forma automatizada con un interface desarrollado en Alemania. Solamente los ergónomos y los analistas de tiempos están autorizados a manejar esta aplicación. Esto es así ya que solamente éstos han recibido la formación necesaria, exigida por la ley española, para poder valorar estos criterios ergonómicos.

A continuación se presentan los resultados del estudio ergonómico tanto de la situación inicial como de la alternativa con el montaje semiautomático. En los informes se presentan: el puesto de trabajo que se está valorando, los puntos que recibe y las operaciones que se realizan en el puesto de trabajo.

Situación inicial:

Fábrica Pamplona		>Standard-Ergo Report Arbeitsplätze					>Stand 21.02.2011
Plan	6R0 CAR A05 -LM1 -7 -450 -VER_1	Peticionario Miguel Guindano García	Última modificación 18.02.2011	Tipo tpo./ Unidad tpo. t0	Paso min	Nº. Oprs.	
Colocación ruedas I/I con manipulador		Puesto de trabajo	Estación	equipo	Supervisor	>Ausbring.	
		1570	157	18/7	MT-7	473	
Total Puntos	Ptos. Rotación	>Lastenhandhabung 22,50 Ptos.	Postura corporal	3,85 Ptos.	Fuerza	0,93	
26,35		22,50 Ptos. Tirar / empujar	66,99 % t De pie y andar			1,0	
			17,78 % t Permanecer en pie sin camb				
			0,96 % t Por / sobre el hombro				
			11,92 % t Área de alcance 20-50 cm				
			0,03 % t Área de alcance 50-80 cm				
Colocación ruedas I/I con manipulador		Puesto de trabajo	Estación	equipo	Supervisor	>Ausbring.	
		1571	157	18/7	MT-7	473	
Total Puntos	Ptos. Rotación	>Lastenhandhabung 22,50 Ptos.	Postura corporal	3,85 Ptos.	Fuerza	0,93	
26,35		22,50 Ptos. Tirar / empujar	66,99 % t De pie y andar			1,0	
			17,78 % t Permanecer en pie sin camb				
			0,96 % t Por / sobre el hombro				
			11,92 % t Área de alcance 20-50 cm				
			0,03 % t Área de alcance 50-80 cm				
Apuntado tornillos d/I		Puesto de trabajo	Estación	equipo	Supervisor	>Ausbring.	
		1580	158	18/7	MT-7	473	
Total Puntos	Ptos. Rotación	>Lastenhandhabung	Postura corporal	19,74 Ptos.	Fuerza	0,93	
19,74			19,77 % t De pie y andar			1,0	
			68,40 % t Permanecer en pie sin camb				
			37,60 % t Área de alcance 20-50 cm				
			13,86 % t Área de alcance 50-80 cm				
Fijacion ruedas II		Puesto de trabajo	Estación	equipo	Supervisor	>Ausbring.	
		1590	159	18/7	MT-7	473	
Total Puntos	Ptos. Rotación	>Lastenhandhabung	Postura corporal	16,93 Ptos.	Fuerza	0,93	
16,93			27,73 % t De pie y andar			1,0	
			64,50 % t Permanecer en pie sin camb				
			18,83 % t Área de alcance 20-50 cm				
			3,57 % t Área de alcance 50-80 cm				

Figura D.8 Informe ergonómico para los puestos de trabajo actuales.

 VOLKSWAGEN Navarra, S.A.	Fábrica Pamplona	>Standard-Ergo Report Arbeitsplätze				>Stand	21.02.2011	
	Peticionario	Miguel Guindano Garcia				Ultima modificacion	18.02.2011	
	Plan	6R0 CAR A05	-LM1-7-450-VER_1	Tipo tpo. / Unidad tpo.	tØ		min	
Fijacion ruedas l/d			Puesto de trabajo	Estación	equipo	Supervisor	>Ausbring.	Paso
			1591	159	18/7	M1-7	473	0,93
Total Puntos	Ptos. Rotación	>Lastenhandhabung			Postura corporal	15,52 Ptos.	Fuerza	
15,52				27,73 % t	De pie y andar			
				60,91 % t	Permanecer en pie sin camb			
				15,25 % t	Área de alcance 20-50 cm			
				3,57 % t	Área de alcance 50-80 cm			

Figura D.9 Informe ergonómico para los puestos de trabajo actuales.

Como se aprecia en la hoja del informe, figura D.9, todos los puestos de trabajo son verdes, es decir, ya son puestos ergonómicamente adecuados. Incluso los puestos del tacto 157, los más castigados con 26,35 puntos, no están en la región amarilla. Esto es gracias a que ya hoy en día los puestos de trabajo en toda la fábrica han sido optimizados ergonómicamente.

Alternativas con montaje semiautomático:

 VOLKSWAGEN Newcom, S.A.	Fábrica Pamplona	>Standard-Ergo Report Arbeitsplätze				>Stand	17.02.2011	
	Plan	6R0 CAR A05	-LM1-7-450-VER_1	Peticionario	Miguel Guindano Garcia	Última modificación	11.02.2011	
						Tipo tpo. / Unidad tpo.	t0	min
Colocación ruedas l/d en estación semiautomática	Puesto de trabajo	Estación	equipo	Supervisor	>Ausbring.	Paso	Nº. Oprs.	
	91570	PRUE	18/7	MT-7	473	0,93	1.0	
Total Puntos	Ptos. Rotación	>Lastenhandhabung	22,50 Ptos.	Postura corporal	1,84 Ptos.	Fuerza		
24,34		22,50 Ptos.	Tirar / empujar	32,46 % t	De pie y andar			
				47,12 % t	:Permanecer en pie sin camb			
				0,01 % t	Agachado			
Colocación ruedas l/d en estación semiautomática	Puesto de trabajo	Estación	equipo	Supervisor	>Ausbring.	Paso	Nº. Oprs.	
	91571	PRUE	18/7	MT-7	473	0,93	1.0	
Total Puntos	Ptos. Rotación	>Lastenhandhabung	22,50 Ptos.	Postura corporal	2,54 Ptos.	Fuerza		
25,04		22,50 Ptos.	Tirar / empujar	34,40 % t	De pie y andar			
				46,01 % t	:Permanecer en pie sin camb			
				0,01 % t	Agachado			
				3,58 % t	Área de alcance 20-50 cm			

Figura D.10 Informe ergonómico para los puestos de trabajo de la propuesta de montaje semiautomática.

En la hoja del informe, figura D.10, de las alternativas con montaje semiautomático se aprecia que los dos puestos de trabajo que quedan, también están en la región verde. Esto quiere decir que se sigue teniendo unos puestos de trabajo adecuados.

E. Valoraciones de calidad

E.1 Calidad

El indicador de referencia de la calidad del consorcio Volkswagen es el DLQ “Direkt Läufer Quote”, cuota de alta directa. Éste muestra el número de coches que no han tenido ningún defecto a reparar en todo el proceso productivo, es decir, desde el taller de chapistería hasta ZP8¹⁾, punto en el que se le da de alta final al coche. La información de los defectos que lleva el coche son apuntados en agendas electrónicas y esta información se transmite a una servidor. Una aplicación informática, FIS-eQS, recoge esta información y la clasifica según defecto. Si no ha sido posible reparar el defecto en un proceso intermedio, éste se lleva a los grupos de reparación del taller de revisión final donde se repara el defecto y es dado de alta para pasar la última auditoría en ZP8.

En el caso de las ruedas, se ha sacado de la base de datos que en el año 2010, por diversas causas motivadas por incidentes en los tactos del montaje de las ruedas, se han producido 314 reparaciones en revisión final.

Con las nuevas alternativas de montaje se desea mejorar este número, ya de por si bueno. Tras las valoraciones pertinentes se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- **Montaje semiautomático:** en este caso el montaje de la ruedas es muy similar al ya existente, sin embargo basándose en la experiencia de otras fábricas, se puede afirmar que se va a tener un 6% de mejoría. Esto es debido a que mientras hoy en día cada tornillo se coloca individualmente, en esta alternativa todos los tornillos se colocan con el atornillador de presentación.
- **Montaje automático:** en el caso de ser montaje completamente automático, el potencial de mejora es mayor, de un 10%. Esto se debe a que los movimientos del Robot tienen mayor precisión y éste no tiene factor de fatiga.

Queda así de manifiesto que en ambas propuestas hay potencial de mejora. Esta mejora en la calidad no solamente supone una mejora del DLQ sino que además tienen un impacto favorable para:

1) en glosario, página 102.

- **El taller de revisión final.** Los coches que deben ir a los grupos de reparación deben pasar de nuevo por las pruebas de pista y estanqueidad. Para ello deben incorporarse de nuevo al flujo de coches buenos, como muestra la figura E.1, por lo que si se reduce el flujo de coches reparados, también se reducen las interferencias entre coches.

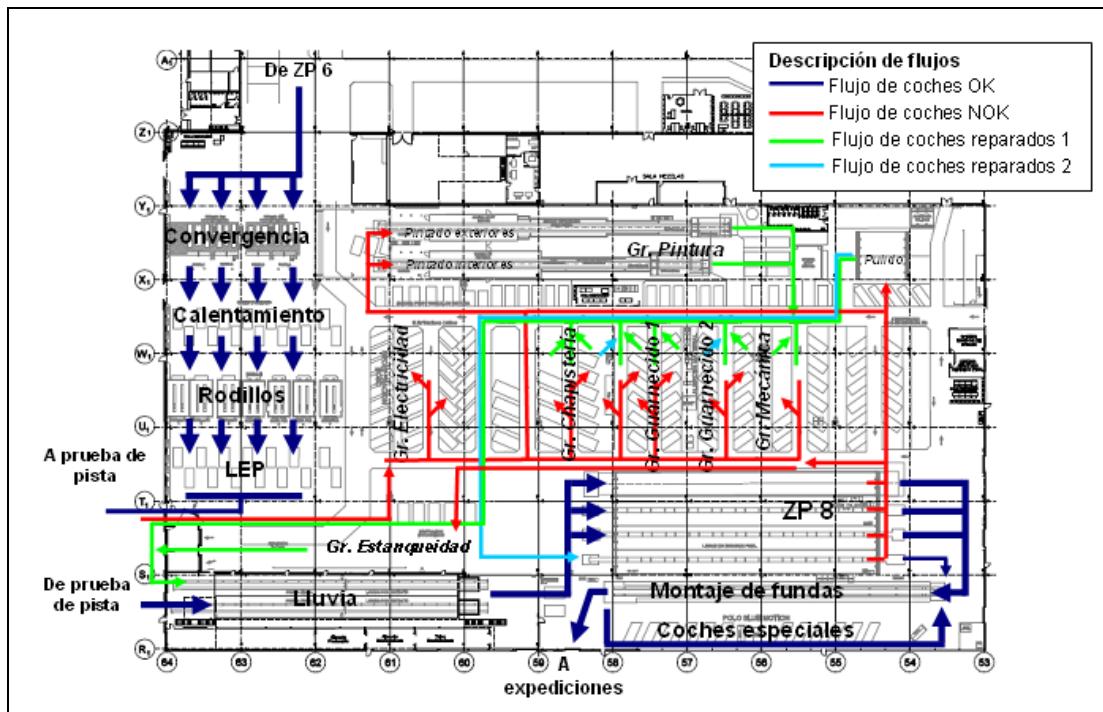


Figura E.1 Flujo de coches en el taller de revisión final.

- **Horas de reparación.** A menor número de reparaciones menor número de horas de arreglo. Éstas son un derroche ya que no tienen un valor agregado para el coche, el cliente no paga estas horas de reparación sino que paga por el coche en buen estado a la primera.
- **El propio coche.** Cuanto menor manejo del coche, es decir, más directo a expediciones, menor probabilidad tiene de sufrir accidentes. En el caso de la ruedas, por ejemplo, golpeo con el elevador o el gato.

F. MTM

F.1 Definición de MTM

Sistema para estructurar secuencias de movimientos manuales en movimientos básicos (micromovimientos). A cada movimiento básico, corresponden valores de tiempos estándar predeterminados de acuerdo con los factores influyentes de cada movimiento. Son procedimientos con los cuales pueden ser determinados tiempos teóricos para la ejecución de elementos de actividades totalmente influenciables por el ser humano. De esta utilización resultan referencias importantes para la formación de lugares y métodos de trabajo.

F.2 Antecedentes históricos y definición

En 1948, se publicó el libro "Methods-Time-Measurement". Este libro presentaba las conclusiones de H.B. Maynard, G.J. Stegemerten, J. L. Schwab de la Methods Engineering Council de Pensilvania, USA. El método presentaba un adelanto en el campo de la Ingeniería de la Producción Industrial cuya necesidad se había aceptado desde hacía mucho tiempo. De este modo, se puso al alcance de todo el mundo un medio de determinación del método operatorio y de sus tiempos de ejecución que terminó siendo el método más universalmente aceptado de tiempos elementales predeterminados. El MTM había resuelto muchas de las limitaciones existentes a través de la definición precisa de cada movimiento básico que puede exigir al trabajador cualquier trabajo manual y estableciendo con exactitud el tiempo necesario para realizar ese movimiento básico bajo las diferentes condiciones en que puede ser realizado. Según se definió en el libro:

"MTM es un procedimiento que permite el análisis de todo método manual descomponiéndolo en los movimientos básicos requeridos y asignando a cada movimiento un tiempo estándar predeterminado basado en la naturaleza del movimiento y en las condiciones en las que es realizado".

El MTM no se creó con la idea de hacer desaparecer el cronómetro y el procedimiento de estudio de tiempos con el que está asociado. El cronómetro todavía es y, probablemente, seguirá siendo necesario para la determinación de tiempos de máquina y el de operaciones "controladas" por algún procedimiento. Cuando es aplicable y cuando se usa apropiadamente, el MTM proporciona resultados

consistentes que están dentro de los límites de lo que es una precisión más que aceptable. Sus aplicaciones varían desde la producción en serie de artículos hasta las operaciones de taller ejecutadas solo para unos cuantos artículos.

En resumen el método determina el tiempo. MTM es una herramienta para la descripción, estructuración, configuración y planificación de los sistemas de trabajo, definición de medios, herramientas y construcción de procesos robustos, y por lo tanto sistemas de producción más eficientes y estándares. Se presenta en todas las aplicaciones en las que es planificado realizar el trabajo por medio del ser humano y que se lleva a cabo de una manera organizada. Las aplicaciones de MTM se pueden encontrar tanto en la fabricación, logística y mantenimiento, así como en la administración o en el sector de los servicios. MTM es ahora el lenguaje de proceso más común en el mundo, y por lo tanto la forma en que operan en cualquier lugar del mundo las empresas, con una planificación y normas de funcionamiento unificadas.

F.3 MTM en Volkswagen Navarra

El sistema MTM se ha consolidado en la última década como la herramienta principal para los analistas de tiempos de la fábrica de Volkswagen Navarra. Mientras que hace algunos años la herramienta indispensable para éstos era el cronómetro, hoy en día deben recibir formación periódicamente por ser un sistema relativamente complejo de valoración. La información de los tiempos se almacena en una aplicación informática desarrollada para el grupo Volkswagen, ésta se denomina Arbeitsplan, en ella además de los tiempos se puede consultar la información siguiente de cada carga de trabajo:

- **Definición de la operación:** se define el método de cómo ha de realizarse cada operación.
- **Hoja estándar de trabajo:** es una hoja que describe las operaciones que deben realizarse, en el orden correcto y las herramientas que han de ser usadas.
- **Tiempo de la operación:** se define cada micromovimiento y se define el tiempo necesario para completarla.
- **Herramientas utilizadas:** se indica las herramientas necesarias para llevar a cabo cada operación.
- **Pares de apriete:** hay tornillos que por definición del departamento de proyectos necesitan un par de apriete concreto
- **Piezas que se colocan:** se indica las piezas que deben ser colocadas en cada tacto.
- **Mix:** no todos los coches llevan el mismo equipamiento por lo que se define un mix de fabricación.
- **Archivos adjuntos** (videos, fotos, etc.): se tiene la posibilidad de, si se cree necesario, adjuntar junto a la carga de trabajo archivos que ayuden a la comprensión del la misma.
- **Ergonomía del puesto de trabajo:** es una nueva función, desarrollada en mayor detalle en el anexo de valoración ergonómica, que valora la adecuación ergonómica del puesto de trabajo.

Toda esta información está disponible para cada puesto de trabajo y la hoja estándar de trabajo se coloca en el puesto de trabajo correspondiente para que los operarios puedan consultarla.

En la figura se puede apreciar un ejemplo de una ficha de carga de trabajo del montaje de la rueda. En ella aparece en la cabecera el número de operarios necesarios para la carga, el número de la carga, la línea de montaje en la que se realiza la carga y el tramo en el que se realiza la carga, entre otra información. Como ejemplo se muestra en la figura E.1 una hoja estándar de carga de trabajo de la fábrica de Volkswagen Navarra.

CARGA DE TRABAJO									
PRODUCCIÓN/TURNO		CENTRO DE COSTE / ZONA		Nº OPERARIOS		Nº CARGA DE TRABAJO	LINEA	TRAMO	FECHA DISTRIBUCIÓN
Nº OP	DENOMINACIÓN	T	%MIX	TO		1 - polo comun 2 - llantas de aleación+antirrobo			
PNA1570003	COMPROBAR SECUENCIA DE RUEDAS DE CARRO CADA 7 COCHES								
6R0F4B4111	COLOCAR RUEDA ANT. L/I CON MANIPULADOR APUNTANDO A MANO 1 TORNILLOS EN RUEDA ACERO, MOVENDO CARROS,ABIENDO Y CERRANDO CONTE								
6R0F4B4113	COLOCAR RUEDA POST. L/I CON MANIPULADOR APUNTANDO A MANO 1 TORNILLOS EN RUEDA ACERO, MOVENDO CARROS,ABIENDO Y CERRANDO CONTE								
6R0F4B4124	APUNTAR 1 TORNILLOS RUEDAS ALUMINIO L/I ANT. EMPLEANDO UTIL								
6R0F4B4126	APUNTAR 1 TORNILLOS RUEDAS ALUMINIO L/I POST.EMPLEANDO UTIL								
PNA1570002	MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA ZONA TRABAJO.COMPROBACIÓN PROCESO. AVISO DE DEFECTOS (1)								
		TOTAL ACTIVO							
		TOTAL PASIVO							
		TOTAL							

1: polo comun +K8G Berlina 2 volúmenes +7PA Clase de grupos de plataforma 1 +4F0
2: llantas de aleación+Antirrob +CA2 Llantas de aleación ligera 7J x 16 +C5J Llantas de aleación ligera 6J x 15 +GP7 +C7S Llantas de aleación ligera 6J x 15 +C8U Llantas de aleación ligera 7J x 17 +1PC Tornillos de rueda antirrobo(sin cierre)
+1PE Tornillos de rueda antirrobo(sin cierre) +K8G Berlina 2 volúmenes +7PA Clase de grupos de plataforma 1

Figura F.1 Hoja estándar de carga de trabajo

Nº OP	PNA1570003
6R0F4B4111	
6R0F4B4113	
6R0F4B4124	
6R0F4B4126	
PNA1570002	

El **número de la operación** es un código que se le da a un trabajo en concreto. Existen dos tipos de operaciones:

- Las primeras son las generales que tienen el prefijo 6R0, éstas son para todas aquellas fábricas del consorcio que producen el Polo.
- Las otras, específicas, son para cada fábrica en particular. Por ejemplo, para la de Pamplona el prefijo es PNA.

Figura F.2 Número de operación

DENOMINACIÓN
COMPROBAR SECUENCIA DE RUEDAS DE CARRO CADA 7 COCHES
COLOCAR RUEDA ANT. L/I CON MANIPULADOR APUNTANDO A MANO 1 TORNILLOS EN RUEDA ACERO, MOVIENDO CARROS, ABRIENDO Y CERRANDO CONTE
COLOCAR RUEDA POST. L/I CON MANIPULADOR APUNTANDO A MANO 1 TORNILLOS EN RUEDA ACERO, MOVIENDO CARROS ABRIENDO Y CERRANDO CONTENE
APUNTAR 1 TORNILLOS RUEDAS ALUMINIO L/I ANT. EMPLEANDO UTIL
APUNTAR 1 TORNILLOS RUEDAS ALUMINIO L/I POST.EMPLEANDO UTIL
MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA ZONA TRABAJO.COMPROBACIÓN PROCESO. AVISO DE DEFECTOS (1)

La **denominación** es el nombre de la operación a realizar, cada una de ellas está escrita por el analista de tiempos responsable del taller en el que se realiza dicha carga. La figura F.3 muestra las denominaciones de las cargas actuales del tacto 157.

Figura F.3 Denominación de carga de trabajo

T	%MIX	TØ

T es el tiempo que se le da a cada operación, se hace mediante el estudio MTM de tiempos predeterminados. Como ya se ha indicado anteriormente, el método es el que determina el tiempo y no la operación. El método de cada carga es resultado de un estudio que dura alrededor de dos años, para todo el coche, antes del lanzamiento de un modelo. Durante los dos años se decide el mejor método para realizar el montaje del vehículo.

El **%MIX**, es porcentaje de coches en los que hay que realizar dicha operación.

El **TØ** es el tiempo medio calculado por carga. Como se ha visto hay un %MIX, esto lleva a que en unos coches los operarios tengan que realizar más operaciones, lo cual lleva a más tiempo, y en otros coches no tengan estas operaciones.

TOTAL ACTIVO	
TOTAL PASIVO	
TOTAL	

Con **TØ** calculado se sabe qué tiempo medio va a estar el operario en actividad (TOTAL ACTIVO) y cuánto va a estar parado (TOTAL PASIVO), mediante:

$$\frac{TOTAL - TOTAL\ ACTIVO}{TOTAL\ PASIVO}$$

El TOTAL es dato ya que es el tiempo ciclo de la línea, los 57 segundos. Y de la resta del total menos el activo se saca el tiempo que el operario está sin realizar trabajos.

G. TPM

G.1 TPM

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) surgió en Japón gracias al Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de poder hacer factible la producción “Just in Time”, la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación sistemática de derroches. Las grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

El resultado final que se persigue con la implementación del Mantenimiento Productivo Total es lograr un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.

Actividades fundamentales del mantenimiento productivo total:

- **Mantenimiento Autónomo.** Comprende la participación activa por parte de los operarios en el proceso de prevención a los efectos de evitar averías y deterioros en las máquinas y equipos. Tiene especial trascendencia la aplicación práctica de las Cinco “S”. Una característica básica del TPM es que son los propios operarios de producción quienes llevan a término el mantenimiento autónomo, también denominado mantenimiento de primer nivel. Algunas de las tareas fundamentales son: limpieza, inspección, lubricación, aprietes y ajustes.
- **Mantenimiento Planificado.** Implica generar un programa de mantenimiento total por parte del departamento de mantenimiento. Constituye el conjunto sistemático de actividades programadas a los efectos de acercar progresivamente la planta productiva a los objetivos de: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones. Este

conjunto de labores serán ejecutadas por personal especializado en mantenimiento.

- **Prevención de Mantenimiento.** Mediante los desarrollo de ingeniería de los equipos, con el objetivo de reducir las probabilidades de averías, facilitar y reducir los costos de mantenimientos. Se trata pues de optimizar la gestión del mantenimiento de los equipos desde la concepción y diseño de los mismos, tratando de detectar los errores y problemas de funcionamiento que puedan producirse como consecuencia de fallos de concepción, diseño, desarrollo y construcción del equipo, instalación y pruebas del mismo hasta que se consiga el establecimiento de su operación normal con producción regular. El objetivo es lograr un equipo de fácil operación y mantenimiento, así como la reducción del período entre la fase de diseño y la operación estable del equipo y la elevación en los niveles de fiabilidad, economía y seguridad, reduciendo los niveles y riesgos de contaminación.
- **Mantenimiento Predictivo.** Consistente en la detección y diagnóstico de averías antes de que se produzcan. De tal forma pueden programarse los paros para reparaciones en los momentos oportunos. La filosofía de este tipo de mantenimiento se basa en que normalmente las averías no aparecen de repente, sino que tienen una evolución. Así pues el Mantenimiento Predictivo se basa en detectar estos defectos con antelación para corregirlos y evitar paros no programados, averías importantes y accidentes.

Un mejor mantenimiento implica no sólo reducir los costes de reparaciones y los costes por improductividades debidos a tiempos ociosos, sino también elimina la necesidad de contar con inventarios de productos en proceso y terminados destinados a servir de stock ante las averías producidas. Al mejorar los servicios a los clientes y consumidores reduce la rotación de estos y reduce el coste de obtención de nuevos clientes, facilitando las ventas de bienes y servicios con carácter repetitivo. Por supuesto que un mejor mantenimiento alarga la vida útil del equipo, como así también permite un mejor precio de reventa. El mejor funcionamiento de las máquinas no sólo evita la generación de productos con fallos, también evita la polución ambiental, elimina los riesgos de accidentes y con ellos disminuye los costes del seguro, reduce o elimina los niveles de contaminación y las consecuentes multas, incrementa los niveles de productividad, y por tanto los costes de producción. Todos estos son motivos más que suficientes para considerar muy seriamente su implantación.

G.2 TPM en Volkswagen Navarra

En las instalaciones automatizadas de la fábrica de Volkswagen Navarra se ha implantado el sistema TPM de mantenimiento. Gracias a ello se han llegado a mejoras en la disponibilidad de las instalaciones. Cabe destacar el taller de Chapistería, ya que éste tiene un 98% de automatización.

El área de mantenimiento, las pautas a seguir, la guía de actuación, el material de cada operario, junto a las auditorías que recibe cada área, están colgadas en la intranet de la fábrica. Así cada operario pueda acceder libremente desde un equipo informático e informarse de lo necesario. En la figura G.1 se muestran las distintas secciones en las que se encuentran partidas las instrucciones de TPM en la intranet de Volkswagen Navarra.



Figura G.1 Plantilla de TPM

El área del TPM. Las áreas están divididas tanto por grupos de operarios como por turnos. Es decir, a un mismo área entra un grupo de operarios de un mismo turno en el día indicado. Por ejemplo la instalación de laterales del taller de chapistería está distribuida de la siguiente manera.

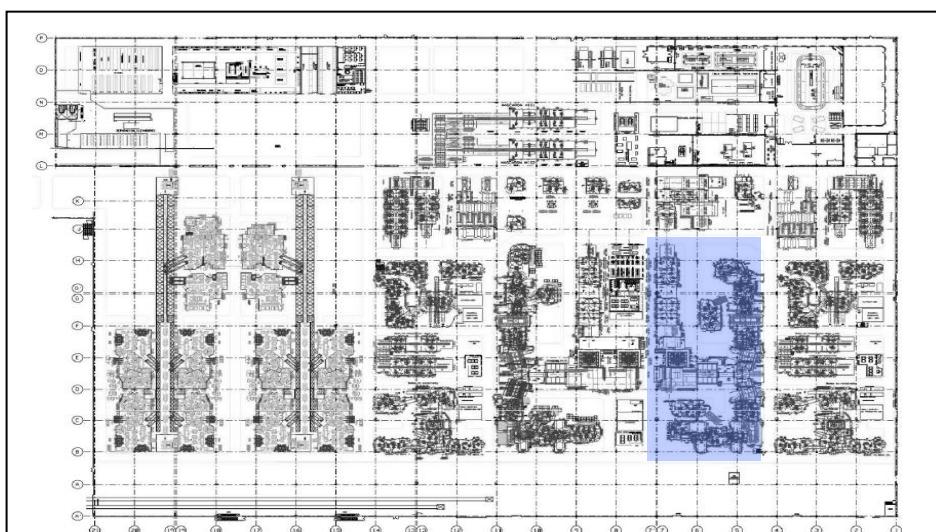


Figura G.2 Lay-Out del taller de Chapistería

Existen dos grupos por turno que tienen la responsabilidad de limpiar las áreas que les han sido adjudicadas. Para el control de la correcta realización del trabajo se programan auditorias, que evalúan el trabajo realizado por los operarios, éstas se explican más adelante.

Pautas. Las tareas específicas a realizar por cada operario, descrita en una plantilla de pautas donde se detalla qué ha de realizar. Estas pautas se recogen en una base de datos que recoge todas las pautas y a las cuales tienen acceso todos los operarios. La tabla G.1 muestra un ejemplo de una pauta.

INSTALACIÓN	OP	DIA	PAUTA
SUELO INSTALACION AFO 100	1	Miercoles*	Barrer y recoger objetos que estén en el suelo
ROBOTS 8A,8B	1	Miercoles*	Revisar y limpiar pérdidas aceite en cilindro compensación. Limpiar brazos y carcasa. Revisar funda. Revisar bolsa fresadora
MESA TRANSPORTE AFO 100	1	Miercoles*	Barrer y recoger objetos que estén en el suelo
SUELO INSTALACION AFO 100	2	Miercoles	Barrer y recoger objetos que estén en el suelo
ROBOTS 8C	2	Miercoles	Revisar y limpiar pérdidas aceite en cilindro compensación. Limpiar brazos y carcasa. Revisar funda. Revisar bolsa fresadora
MESA TRANSPORTE AFO 100	2	Miercoles	Barrer y recoger objetos que estén en el suelo

Tabla G.1 Pautas a realizar en TPM

Guía de actuación. La guía de actuación es el procedimiento a seguir de la pauta. Es decir, describe cómo se ha de realizar cada pauta. La figura G.3 muestra la guía de actuación para el cambio de electrodos en el taller de chapistería.

Cambiar Electrodos	
PROCEDIMIENTO <ul style="list-style-type: none"> - Previamente al cambio de electrodos se ha de cerrar el circuito de refrigeración de los mismos. - Con ayuda de una llave de perro se quitan los electrodos consumidos. A continuación se colocan los nuevos electrodos en su sitio y se terminan de fijar con la ayuda del martillo. 	MATERIAL <ul style="list-style-type: none"> - Llave de Perro - Martillo
 Electrodos Consumidos	 Electrodos Nuevos

Figura G.3 Guía de actuación en TPM

Material. Todos estos trabajos se realizan con un material específico que es provisto por la empresa y del que es responsable cada grupo de trabajo. Éstos tienen asignado un armario donde deben guardar y cuidar el material de trabajo. En la figura G.2 se aprecia la información recogida para el material.

INSTALACIÓN	PAUTA	MATERIAL	UBICACIÓN
MESA GEOMETRIA DECH.	Limpiar proyecciones detectores. Revisar tapones detectores y tornillos de detectores. Limpiar bridas, apoyos y centradores. Limpiar y revisar cableado . Revisar tubos de aspiración		Armario Grupo A
MARCO SUJECIÓN FALDON	Limpiar proyecciones detectores. Revisar tapones detectores y tornillos de detectores. Limpiar bridas, apoyos y centradores. Limpiar y revisar cableado . Revisar tubos de aspiración	Escoba Recogedor Espátula	Armario Grupo A
MARCO SUJECIÓN CONTRAALTA DECH.	Limpiar proyecciones detectores. Revisar tapones detectores y tornillos de detectores. Limpiar bridas, apoyos y centradores. Limpiar y revisar cableado . Revisar tubos de aspiración	Cepillo Metálico Brocha Trapo	Armario Grupo A
MARCO SUJECIÓN PASARRUEDA DECH.	Limpiar proyecciones detectores. Revisar tapones detectores y tornillos de detectores. Limpiar bridas, apoyos y centradores. Limpiar y revisar cableado . Revisar tubos de aspiración	Martillo Cincel	Armario Grupo A
ROBOTS D,E,F	Revisar y limpiar pérdidas aceite en cilindro compensación. Limpiar pinza, brazos y carcasa. Revisar funda. Revisar bolsa fresadora	Antiproyecciones	Armario Grupo A
PINZAS FIJAS H (3)	Limpiar brazos de las pinzas y cableado. Revisar bolsa fresadora		Armario Grupo A

 Gorra de Protección
 Calzado de Seguridad
 Gafa de Seguridad
 Manguitos de Kevlar
 Guantes de Kevlar

Tabla G.2 Material para TPM

Auditorías. Hay programadas auditorías cada semana para evaluar la correcta realización de los trabajo de mantenimiento y de limpieza. Las áreas pueden ser valoradas de manera muy deficiente, deficiente o correcta, dependiendo del estado en que se encuentre la zona. En la figura G.4 se enseña una auditoría realizada y la valoración obtenida.

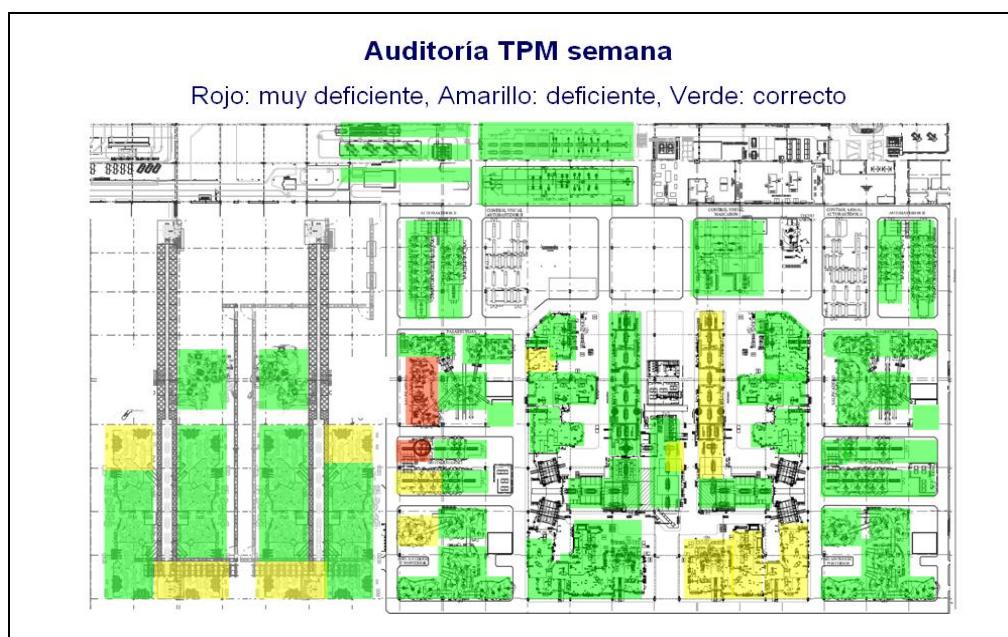


Figura G.4 Esquema de auditorías de TPM

G.3. TPM en la nueva instalación

En el caso de realizarse la instalación de montaje completamente automatizada, ha de adjuntarse documentación sobre el TPM a realizar. Por ello se ha realizado una documentación previa que queda a disposición de la fábrica para su utilización.

El área de TPM. El área de mantenimiento se considera todo el área que corresponde a la instalación, es decir, el área que estaría vallada. Hay dos operarios además de un conductor de instalación que serán los encargados de esta zona. En la figura se representa el área a tener en cuenta.

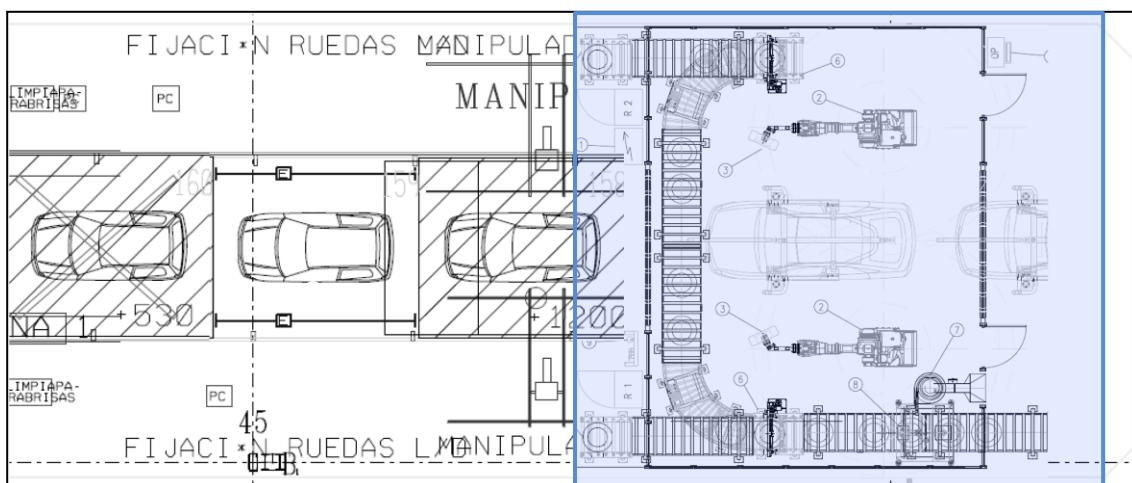


Figura G.5 Área propuesta para realizar TPM

Las pautas a seguir se describen a continuación, son a priori las que se han decidido como las de importancia, sin embargo podrán cambiar en función de las necesidades que se vean una vez implementada la nueva instalación.

INSTALACIÓN	OP	DIA	PAUTA
MONTAJE	1	Martes	Barrer y recoger objetos que estén en el suelo.
ROBOT Scada1,2	1	Martes	Revisar y limpiar pérdidas aceite en cilindro compensación. Limpiar brazos y carcasa.
ROBOT Manutención	2	Martes	Revisar y limpiar perdidas aceite. Recoger objetos que estén en el suelo
CINTA RODILLOS	2	Martes	Limpiar y recoger objetos que estén en el suelo.
DETECTORES	2	Martes	Limpiar detectores.

Tabla G.3 Pautas propuestas para TPM

Los dos operarios encargados del día deberán entrar en la instalación, barrer el suelo y recoger objetos, como tornillos, que se hayan caído.

Uno de los operarios deberá encargarse de limpiar los cilindros neumáticos de fugas de aceite que se hayan dado en los dos robots que hacen el montaje de las ruedas. Mientras tanto el otro operario deberá encargarse del tercer robot, que es el que coloca los tornillos en las ruedas para atornillarlas.

Y finalmente el segundo operario deberá limpiar de suciedades y polvo los detectores, para que no ocurran fallos derivados de la obstrucción de los mismos.

El material. Los materiales que deben estar a disposición de los operarios deben ser escoba y recogedor, ya que deben limpiar el suelo con regularidad.

Espátula y cepillo metálico para limpiar los cilindros de compensación correctamente, además de un trapo para limpiar las manchas de aceite.

Finalmente una brocha para engrasar todas las partes móviles de los robots: articulaciones, cilindros, etc.

INSTALACIÓN	PAUTA	MATERIAL	UBICACIÓN
MONTAJE	Barrer y recoger objetos que estén en el suelo.	Escoba	Armario Grupo
ROBOT Scada1,2	Revisar y limpiar pérdidas aceite en cilindro compensación. Limpiar brazos y carcasa.	Recogedor Espátula	Armario Grupo
ROBOT Manutención	Revisar y limpiar pérdidas aceite. Recoger objetos que estén en el suelo	Cepillo metálico Trapó	Armario Grupo
CINTA RODILLOS	Limpiar y recoger objetos que estén en el suelo.	Brocha	Armario Grupo
DETECTORES	Limpiar detectores.		Armario Grupo

Tabla G.4 Material propuesto para TPM

H. Glosario

H.1. Glosario

Altimetría. Altura a la que se desplaza el coche, desde el punto mas bajo de la carrocería al suelo.

Atornillador múltiple. Es un atornillador que se compone de cinco atornilladores. Los cinco tornillos están encerrados en una estructura cilíndrica y su función es la de dar el par de apriete a los tornillos de las ruedas.

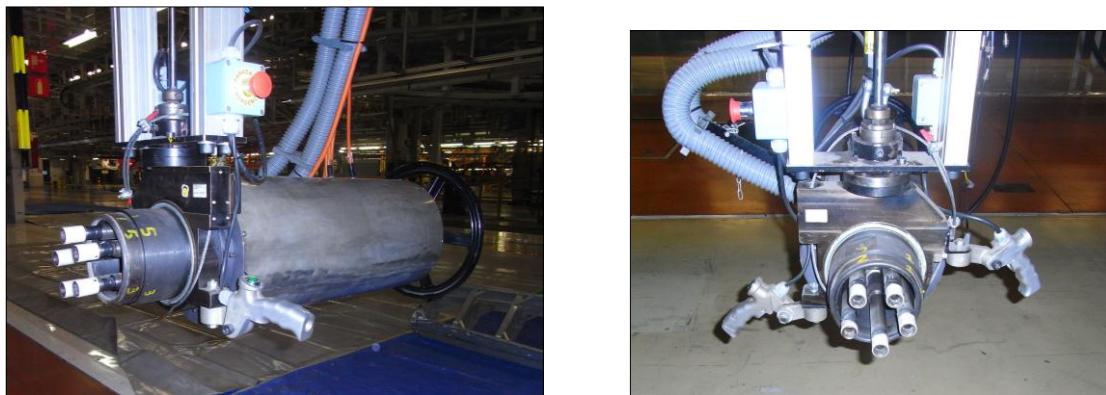


Figura H.1 Multiatornillador vista de perfil y de frente.

DLQ. Es la cuota de alta directa, “Direkt Läufer Quote”, es decir, el número de coches que salen bien a la primera, sin necesidad de ningún tipo de reparación.

Ficha, Cartelino. Es el elemento que garantiza la trazabilidad del vehículo dentro del taller de montaje. Además sirve a los operarios de referencia para saber qué piezas han de colocar en cada coche.

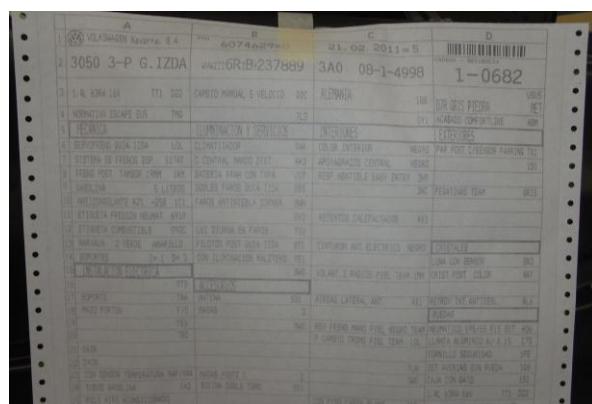


Figura H.2 Ficha, Cartelino de un vehículo.

MTM. Es un sistema para estructurar secuencias de movimientos manuales en movimientos básicos (micromovimientos). A cada movimiento básico, corresponden valores de tiempos estándar predeterminados de acuerdo con los factores influyentes de cada movimiento.

Pistola de atornillar especial. Pistola con cuatro o cinco husillos para realizar el amarre de varios tornillos simultáneamente.



Figura H.3 Atornillador especial de cuatro y cinco husillos

Pulpo. Es un transportador de vehículos que va suspendido de una guía en el techo. El pulpo cuelga de la guía y sujeta al coche con cuatro brazos que lo envuelven por los laterales y lo fijan mediante cuatro puntalinos por su parte baja.



Figura H.4 Pulpo

Supermercado. Es un nuevo concepto en la logística. La función principal del supermercado es preparar las piezas que se van a colocar en el coche, en un medio de suministro específico, de tal manera que el operario tenga que realizar el menor número de movimientos posibles, maximizando así su creación de valor añadido en el automóvil. Se realizan operaciones diversas, desde traspases únicamente, hasta pequeños premontajes o secuencias en caso de que las variantes de una misma pieza sean elevadas.

Tacto. Un tacto es el espacio de trabajo que tiene un operario en la línea de montaje. Son 4,5 metros lineales y están delimitados con líneas en el suelo. El taller de montaje está dividido en 211 tactos.

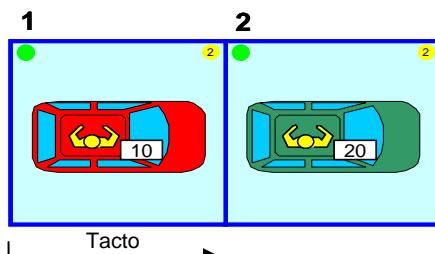


Figura H.5 Representación de dos tactos.

Taller. Se llama taller a la división según distintos procesos tecnológicos dentro del sistema productivo. Hay 6 talleres en la fábrica de Pamplona: Taller de Prensas, Chapistería, Pintura, Motores, Montaje y Revisión final.

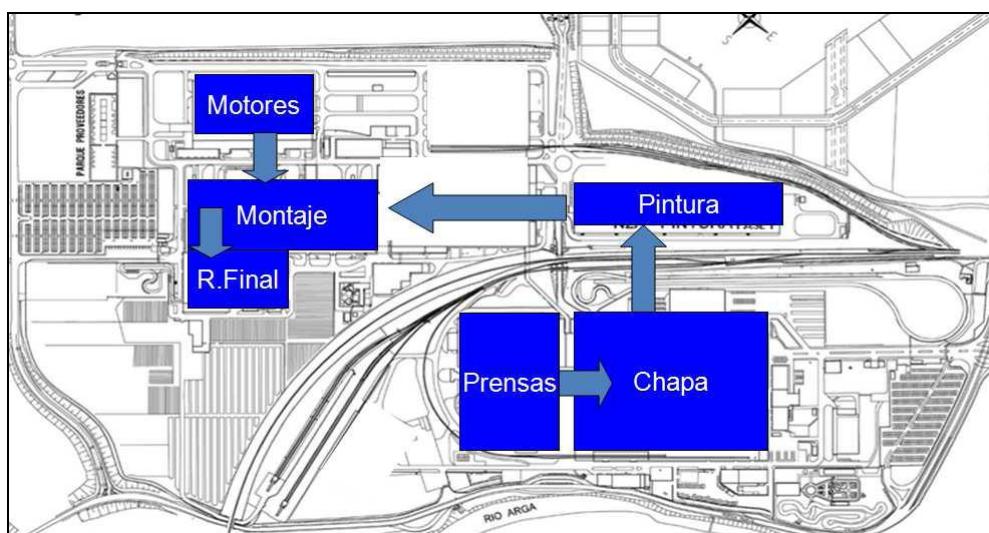


Figura H.6 Situación de los talleres.

Tiempo ciclo. Bajo el concepto tiempo ciclo se debe de entender el tiempo que es requerido realmente para realizar un proceso de trabajo. Si la producción tiene asignado el tacto óptimo, entonces el tiempo ciclo de los trabajadores y de los equipos automatizados corresponde al tiempo tacto.

Tiempo tacto. El tiempo tacto es el ritmo uniforme para la fabricación de productos en todas las áreas de Producción y es definida acorde a los requerimientos del cliente. Es decir, que el tiempo tacto corresponde entonces al tacto del cliente. El tiempo tacto se obtiene, dividiendo el tiempo de trabajo neto entre el volumen de producción requerido por el mercado.

$$\text{Tiempo tacto} = \frac{\text{Tiempo (de trabajo) disponible}}{\text{Volumen de prod. requerido}}$$

Tornillo antirrobo de ruedas. Es un tipo especial de tornillo que llevan algunos coches para evitar su hurto. Éste no se puede desajustar con una llave común sin tener el cabezal adaptador necesario.



Figura H.7 Izq. Tornillos especial. Dcha. Adaptador para atornillar.

Tramo. Un tramo es cada una de las divisiones de la línea de montaje. Existen cuatro tramos. En el primero el coche se prepara para la colocación de distintas piezas. En el segundo tramo, se montan piezas del interior del coche. En el tercer tramo se montan piezas del exterior y conjunto motopropulsor. Y finalmente, en el cuarto tramo, se completa el coche.

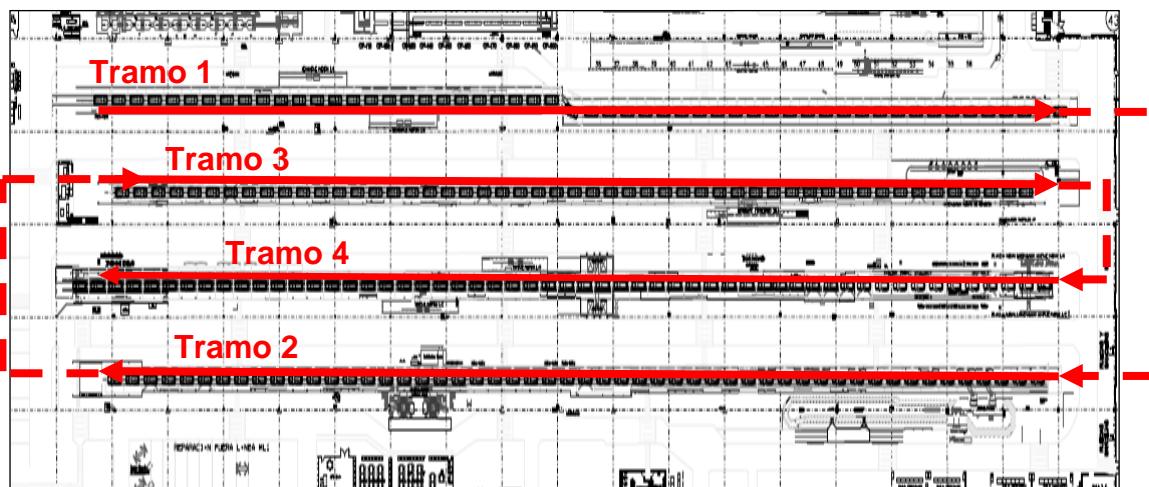


Figura H.8 Flujo y tramos del taller de montaje.

ZP8. Es el último punto de control de calidad del vehículo dentro de la empresa. En él los operarios de calidad dan de alta definitiva al coche.

Índice de figuras

Figura 1.1	Ubicación mundial de las fábricas de VW.....	5
Figura 1.2	Planta de Volkswagen Navarra.....	6
Figura 2.1	Tramos y flujo del taller de montaje (ep).....	8
Figura 2.2	Disposición de los tactos del montaje de las ruedas (ep).....	9
Figura 2.3	Diagrama de flujos carretilla de suministro ruedas (ep).....	11
Figura 2.4	Flujo de la logística externa (ep).....	12
Figura 3.1	Esquema del montaje semiautomático.....	14
Figura 3.2	Lay-out del montaje automático.....	16
Figura 3.3	Área de traspase a transfer de rodillos con manipulador (ep).....	18
Figura 3.4	Trailer con sistema de descarga automática.....	19
Figura 3.5	Lay-out almacén elevado.....	20
Figura 3.6	Flujo de la logística externa (ep).....	20
Figura 3.7	Ubicación del almacén secuenciador automático.....	21
Figura 4.1	Esquema de las alternativas (ep).....	24
Figura 5.1	Gráfica de araña (ep).....	34
Figura A.1	Esquema de las alternativas (ep).....	45
Figura D.1	Clasificación en zonas.....	57
Figura D.2	Tablas de clasificación de posturas.....	60
Figura D.3	Tabla de duración de posturas.....	61
Figura D.4	Valoración de duración de la carga e intensidad.....	62
Figura D.5	Atlas de fuerzas.....	64
Figura D.6	Valoración por colores del semáforo.....	72
Figura D.7	Valoración por colores de los miembros superiores.....	73
Figura D.8	Informe ergonómico para los puestos de trabajo actuales.....	74
Figura D.9	Informe ergonómico para los puestos de trabajo actuales.....	75
Figura D.10	Informe ergonómico para los puestos de trabajo de la propuesta de montaje semiautomática.....	75
Figura E.1	Flujo de coches en el taller de revisión final (ep).....	79
Figura F.1	Hoja estándar de carga de trabajo.....	85
Figura F.2	Número de operación.....	85
Figura F.3	Denominación de carga de trabajo.....	86
Figura G.1	Plantilla de TPM.....	92
Figura G.2	Lay-Out del taller de Chapistería.....	93

Índice de figuras

Figura G.3	Guía de actuación en TPM.....	94
Figura G.4	Esquema de auditorías de TPM.....	94
Figura G.5	Área propuesta para realizar TPM (ep).....	95
Figura H.1	Multiatornillador vista de perfil y de frente.....	98
Figura H.2	Ficha, Cartelino de un vehículo.....	98
Figura H.3	Atornillador especial de cuatro y cinco husillos.....	98
Figura H.4	Pulpo.....	99
Figura H.5	Representación de dos tactos.....	100
Figura H.6	Situación de los talleres (ep).....	100
Figura H.7	Izq. Tornillos especial. Dcha. Adaptador para atornillar.....	101
Figura H.8	Flujo y tramos del taller de montaje.....	102

ep: elaboración propia

Índice de tablas

Tabla 4.1	Matriz de decisión (ep).....	27
Tabla 4.2	Matriz de decisión (ep).....	27
Tabla 4.3	Matriz de decisión (ep)	28
Tabla 5.1	Matriz de decisión final (ep).....	30
Tabla 5.2	Productividad de las alternativas en [€/coche] (ep).....	31
Tabla 5.3	Disponibilidad de las alternativas en [€/coche] (ep).....	31
Tabla 5.4	Calidad de las alternativas en [€/coche] (ep).....	32
Tabla 5.5	Ahorros logísticos de las alternativas en [€/coche] (ep).....	33
Tabla 5.6	Amortización de las alternativas en [€/coche] (ep).....	33
Tabla 5.7	Matriz de decisión en [€/coche] (ep)	33
Tabla A.1	Datos económicos, propuesta montaje semiautomático (ep).....	39
Tabla A.2	Datos económicos, propuesta montaje automático (ep).....	40
Tabla A.3	Datos económicos, propuesta de trasvase con manipulador (ep).....	41
Tabla A.4	Datos económicos, propuesta descarga automática (ep).....	43
Tabla A.5	Datos económicos, propuesta almacén secuenciador (ep).....	44
Tabla A.6	Tabla de viabilidad de la alternativa 1 (ep).....	46
Tabla A.7	Tabla de viabilidad de la alternativa 2 (ep).....	46
Tabla A.8	Tabla de viabilidad de la alternativa 3 (ep).....	47
Tabla A.9	Tabla de viabilidad de la alternativa 4 (ep).....	47
Tabla A.10	Tabla de viabilidad de la alternativa 5 (ep).....	48
Tabla A.11	Tabla de viabilidad de la alternativa 6 (ep).....	48
Tabla B.1	Número de operarios según alternativa (ep).....	50
Tabla B.2	Productividades nuevas según alternativa (ep).....	50
Tabla C.1	Disponibilidades nuevas según propuesta (ep).....	51
Tabla C.2	Disponibilidades nuevas según alternativa (ep).....	52
Tabla D.1	Posturas.....	62
Tabla D.2	Duración de las fuerzas.....	64
Tabla D.3	Fuerza de acción.....	65
Tabla D.4	Fuerza con los dedos.....	65
Tabla D.5	Manipulación de cargas.....	66
Tabla D.6	Puntos extras.....	70
Tabla D.7	Puntos por entorpecimiento.....	71
Tabla D.8	Puntos por entorpecimiento.....	71

Índice de tablas

Tabla D.9	Situaciones especiales de carga física.....	72
Tabla G.1	Pautas a realizar en TPM.....	93
Tabla G.2	Material para TPM.....	94
Tabla G.3	Pautas propuestas para TPM (ep).....	96
Tabla G.4	Material propuesto para TPM (ep).....	96

ep: elaboración propia

Relación de libros, manuales y artículos consultados:

Castillo Maritnez, J. Alberto;(2010) *Ergonomía Fundamentos para el desarrollo de soluciones ergonómicas*, Colombia, Editorial Universidad del Rosario, 221 pp.

Cela Trulock, José L.; (2002) *El modelo universal de calidad*, Santiago de Compostela, Publicacions e Intercambio Científico, 174 pp.

Cruz, J. Alberto; Garnica, G. Andrés; (2001) *Principios de ergonomía*, Bogotá, Editora Géminis Ltda., 232 pp.

Karger, Delmar W.; Bayha, Franklin; (1987) *Engineered work measurement*, New York, Industrial Press, 503 pp.

Liker Jefrey; (2006) *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión de del fabricante más grande del mundo*, Barcelona, Planeta DeAgostini Profesional y Formación, S.L., 290 pp.

Llaneza Álvarez, F. Javier; (2009) *Ergonomía y psicosociología aplicada*, Valladolid, Lex Nova S.A.; 574 pp.

López Ruiz, V. (2008) *Gestión eficaz de los procesos productivos*, Orense, Especial Directivos, 283 pp.

Salvendy G. (2001) *Handbook of Industrial Engineering*, Canada, 658 pp

Schlick, C. (2009) *Industrial Engineering and Ergonomics*, Aachen, Springer Verlag, 710 pp.

Schlick C.; Bruder R.; Luczak H. (1993) *Arbeitswissenschaft*, Heidelberg, Springer Verlag, 1173 pp.

Womack, James; Jones Daniel; (2000) *Soluciones Lean*, Barcelona, Planeta DeAgostini Profesional y Formación S.L.; 163 pp.

Womack, James; Jones Daniel; (2003) *Lean Thinking*, New York, Planeta DeAgistini Profesional y Formación S.L.; 295 pp.

Relación de páginas web consultadas:

http://es.wikipedia.org/wiki/Fabricación_de_automóviles

<http://pensandoenkaizen.blogspot.com/2007/12/proceso-de-ensamblado-del-automvil-i.html>

<http://riesgosbiomecanicos.blogspot.com/2011/03/eaws-una-metodologa-integral-para-la.html>

www.apexcons.it/pdf/Advanced%20Method%20Engineering%20applied%20to%20ergonomics/Caragnano_Bundestagung2006.pdf

www.enlog.es/

www.fcclogistica.com/uninegocio-aut.html

<http://www.logismarket.es/>

www.mtm.org/systems.htm

www.solucionesleansigma.es

www.vigo.psa-peugeot-citroen.com/index.php?id=230

www.vw-navarra.es/fabrica/proceso.aspx

