



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Máster en Logística



Trabajo fin de máster

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN

Autor: Rodríguez Lago, Gema

Tutor: Gento Municio, Ángel Manuel

SEPTIEMBRE 2016

“Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo,
involúcrame y lo aprendo”

“Tell me and I forget, teach me and I may remember,
involve me and I learn”

Benjamin Franklin (1706-1790)

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Antecedentes y motivación	7
1.2. Objetivos	8
1.3. Alcance.....	9
1.4. Organización	9
2. LEAN MANUFACTURING	13
2.1. Definición	13
2.2. Historia	14
2.3. Estructura del sistema lean	17
2.4. Principios del sistema Lean	19
2.4.1. Minimización de los despilfarros	20
2.4.2. Calidad perfecta a la primera	23
2.4.3. Mejora continua y Kaizen	23
2.4.4. Procesos pull.....	25
2.4.5. Flexibilidad.....	26
2.5. Principales técnicas empleadas.....	26
2.5.1. Grupo I.....	27
2.5.1.1. Las 5 S.....	27
2.5.1.2. Cambio rápido de herramientas (SMED).....	30
2.5.1.3. Estandarización	32
2.5.1.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM)	33
2.5.1.5. Control visual.....	34
2.5.2. Grupo II.....	37
2.5.2.1. Jidoka.....	37
2.5.2.2. Técnicas de calidad.....	39
2.5.2.3. Sistemas de participación del personal (SPP).....	41
2.5.3. Grupo III.....	43
2.5.3.1. Heijunka	43
2.5.3.2. Kanban	47
3. APRENDER JUGANDO	49
3.1. Juegos didácticos	49
3.1.1. ¿Qué es un juego didáctico?.....	49
3.1.2. Importancia del juego didáctico	50
3.1.3. Características de los juegos didácticos	54

3.1.4. Clasificación	56
3.2. Gamificación o ludificación	57
3.2.1. La gamificación en la educación	59
3.3. Learning by doing	61
3.4. The Lego flow game	63
3.4.1. Resumen del juego	64
3.4.2. Materiales necesarios.....	65
3.4.3. Roles	65
3.4.3.1. El analista	66
3.4.3.2. El proveedor	66
3.4.3.3. El montador.....	66
3.4.3.4. Control de calidad interno	66
3.4.3.5. El supervisor del juego	67
3.4.3.6. Mercado	67
3.4.4. Rondas.....	67
3.4.4.1. Ronda 1: Fabricación por lotes/sistema push	68
3.4.4.2. Ronda 2: Time-boxed (Scrum-like)	68
3.4.4.3. Ronda 3: Fabricación basada en el flujo/ sistema pull	69
4. MODIFICACIONES DEL JUEGO INICIAL.....	71
4.1. Primer estudio de los modelos.....	72
4.1.1. Despieces.....	73
4.1.1.1. Modelo 100: Pala	74
4.1.1.2. Modelo 200: Dumper	75
4.1.1.3. Modelo 300: Excavadora.....	76
4.1.1.4. Modelo 400: Hormigonera.....	77
4.1.2. Instrucciones fabricante y tiempos	78
4.1.2.1. Modelo 100: Pala	78
4.1.2.2. Modelo 200: Dumper	81
4.1.2.3. Modelo 300: Excavadora.....	84
4.1.2.4. Modelo 400: Hormigonera.....	87
4.1.3. Conclusiones.....	89
4.2. Modificaciones realizadas.....	90
4.2.1. Rondas	90
4.2.2. Roles	91
4.2.2.1. Analista.....	91
4.2.2.2. Proveedor.....	91
4.2.2.3. Control de calidad	92
4.2.2.4. Supervisor	92
4.2.2.5. Mercado	92
4.2.3. Instrucciones de montaje	92
4.2.3.1. Modelo 100: Pala	93
4.2.3.2. Modelo 200: Dumper	94
4.2.3.3. Modelo 300: Excavadora.....	95
4.2.3.4. Modelo 400: Hormigonera.....	96

4.2.4.	Tarjetas de juego	97
5.	MANUAL DE JUEGO	99
5.1.	Materiales necesarios para la realización del juego.	99
5.2.	Rondas de juego	100
5.2.1.	Ronda 1.....	100
5.2.1.1.	Analista.....	103
5.2.1.2.	Proveedor.....	103
5.2.1.3.	Montador	103
5.2.1.4.	Control de calidad interno.....	103
5.2.1.5.	El supervisor del juego.	104
5.2.1.6.	Mercado	105
5.2.2.	Ronda 2.....	105
5.2.3.	Ronda 3.....	107
5.2.3.1.	Analista.....	108
5.2.3.2.	Proveedor.....	109
5.2.3.3.	Distribución optima propuesta	109
6.	ESTUDIO ECONÓMICO	113
6.1.	Etapas de desarrollo del proyecto.....	113
6.2.	Costes procedentes de las horas efectivas anuales y tasas horarias de personal.	114
6.3.	Amortización de equipos informáticos	115
6.4.	Consumibles	116
6.5.	Costes indirectos.....	116
6.6.	Horas de trabajo dedicadas a cada etapa.....	117
6.7.	Costes asignados a cada etapa del proyecto	117
7.	CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS.....	119
8.	BIBLIOGRAFÍA	123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Henry Ford. Fuente: WIKIPEDIA [2016](a).....	15
Ilustración 2: La cadena de montaje de Ford. Fuente: Omeñaca,J.L. [2015].....	16
Ilustración 3: Taiichi Ohno. Fuente: Llorente, J.I.[2012].....	17
Ilustración 4: TPS Fuente: Lean Lexicon [2014].....	18
Ilustración 5: Los 7 mudas. Fuente: Santos,J.C [2012].....	21
Ilustración 6: Kaizen. Fuente: Lodeiro,F.C. [2015].....	24
Ilustración 7: Ciclo de Deming. Fuente: Aldana, L.M [2015].....	24
Ilustración 8: Representación gráfica de sistemas pull y push. Fuente: Farberoff,M. [2014].....	25
Ilustración 9: pasos para implantar y mantener 5S. Fuente: Salazar,M. [2015].....	28
Ilustración 10: Siluetas adhesivas.....	29
Ilustración 11: El SMED y mix de producción Fuente: Adavert, J.[2016].....	31
Ilustración 12: Ejemplos gráficos de gestión visual. Fuente: Romero, A.A [2015].....	36
Ilustración 13: Poka-yoke de control. Fuente:pdcahome [2013].....	38
Ilustración 14: Poka-yoke de alarma. Fuente: Giraldo,M.A [2013].....	38
Ilustración 15: Ciclo PDCA. Fuente: Quesada,G [2005].....	40
Ilustración 16: Fabricación en células de trabajo. Fuente: Universidad de Sonora [2013].....	45
Ilustración 17: Fabricación Batch vs flujo continuo. Fuente: Palao, F [2012].....	46
Ilustración 18: ejemplo tarjeta Kanban. Fuente: Pérez,J [2012].....	48
Ilustración 19: Funcionamiento del sistema Kanban. Fuente: Romero, A.A [2015].....	48
Ilustración 20: Definición de juego didáctico. Fuente: RAE [2016].....	50
Ilustración 21: Juegos didácticos edad infantil.....	51
Ilustración 22: Juego didáctico física y química. Fuente: Proyecto Newton [2016].....	53
Ilustración 23: Bases de la gamificación. Fuente: Gaitán, V [2013].....	59
Ilustración 24: Pirámide del aprendizaje de Cody Blair. Fuente:.....	62
Ilustración 25: Pirámide de aprendizaje de Edgar Dale. Fuente:Vidal [2007].....	62
Ilustración 26: Piezas originales “THE LEGO FLOW GAME” Fuente: Scotland,K [2015].....	71
Ilustración 27: Modelos escogidos para el juego.....	71
Ilustración 28: Despiece modelo 100.....	74
Ilustración 29: Despiece modelo 200.....	75
Ilustración 30: Despiece modelo 300.....	76
Ilustración 31: Despiece modelo 400.....	77
Ilustración 32: Instrucciones originales modelo 100.....	78
Ilustración 33: Conjunto 102.....	80
Ilustración 34: Instrucciones originales modelo 200.....	81
Ilustración 35: Conjunto 212.....	83
Ilustración 36: Conjunto 315.....	84
Ilustración 37: Conjunto 316.....	84
Ilustración 38: Conjunto 317.....	84
Ilustración 39: Instrucciones originales modelo 300.....	85
Ilustración 40: Instrucciones originales modelo 400.....	87
Ilustración 41: Instrucciones de montaje del modelo 100.....	93
Ilustración 42: Instrucciones de montaje del modelo 200.....	94
Ilustración 43: Instrucciones de montaje del modelo 300.....	95
Ilustración 44: Instrucciones de montaje del modelo 400.....	96
Ilustración 45: Ejemplo tarjeta de juego ronda 1.....	102
Ilustración 46: Gráfica ejemplo ronda 1.....	104

Ilustración 47: Tarjeta de juego ronda 2 y 3. Cara proveedor	106
Ilustración 48: Tarjeta de juego ronda 2 y 3. Cara montador.....	106
Ilustración 49: Representación gráfica ronda 3.....	108
Ilustración 50: Caja de ordenación	109
Ilustración 51: Diagrama sinóptico modelo 100.....	110
Ilustración 52: Diagrama sinóptico modelo 200.....	111
Ilustración 53: Diagrama sinóptico modelo 300.....	111
Ilustración 54: Diagrama sinóptico modelo 400.....	112
Ilustración 55: Distribución del coste del proyecto por etapas.....	118
Ilustración 56: Distintas opciones para cada kit de piezas	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: La mejora continua. Fuente: Hernandez,J.C y Vizán, A [2013]	25
Tabla 2: Clasificación de las principales técnicas lean. Elaboración propia.....	27
Tabla 3: Ejemplos de control visual. Fuente: Hernández,J.C y Vizán, A [2013]	35
Tabla 4: Matriz de calidad MAQ. Fuente: Hernández, J.C y Vizán, A [2013]	39
Tabla 5: Clasificación de los juegos didácticos Fuente: Yvern,A [1998]	56
Tabla 6: Tiempos de montaje modelo 100	79
Tabla 7: Tiempos de montaje modelo 200	82
Tabla 8: Tiempos de montaje modelo 300	86
Tabla 9: Tiempos de montaje modelo 400	88
Tabla 10: Hoja de cálculo de resultados obtenidos.....	99
Tabla 11: Horas de trabajo efectivas anuales.....	115
Tabla 12: Costes de personal.....	115
Tabla 13: Amortización correspondiente a equipos informáticos	116
Tabla 14: Costes derivados de productos consumibles.....	116
Tabla 15: Costes indirectos.....	117
Tabla 16: Horas de trabajo empleadas por etapa del proyecto	117
Tabla 17: Coste total por hora.....	117
Tabla 18: Coste de cada fase	118

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y motivación

El tema principal de este trabajo fin de máster (a partir de ahora TFM) es la realización de un juego didáctico cuya finalidad es conseguir transmitir a los jugadores que en el participen las principales técnicas o recursos empleados en el Lean Manufacturing.

Aunque en la decisión de escoger y realizar este proyecto han intervenido diferentes variables es probable que el principal fuese la propia experiencia educativa vivida, en la que en muchos casos después de varias horas atendiendo a la tradicional clase magistral salía con la sensación de tener toneladas de nuevos apuntes en la mano pero pocos conocimientos adquiridos nuevos y planteándome si no existiría otra forma de hacer las cosas.

De vez en cuando aparecían en mi formación académica clases con un carácter más práctico, sesiones de laboratorio o visitas a industrias en las que a su finalización la sensación de haber aprendido o fijado un gran número de conocimientos era instantánea.

Entre las experiencias prácticas citadas en el párrafo anterior, cabe destacar la primera visita a la ESCUELA LEAN durante la realización del máster en logística. La primera impresión fue sorprendente, no solo se trataba de una clase totalmente práctica sino que distaba mucho de los tradicionales laboratorios. Un aula totalmente distinta perteneciente al proyecto Renault Consulting y ubicada en la universidad de Valladolid en la que nada más traspasar la puerta te sientes como si estuvieses en una fábrica real, como si fueses un integrante de la cadena de suministro de la fábrica francesa.

En ese momento la mentalidad cambia, el lean manufacturing estudiado hasta el momento comienza a dejar de ser un concepto para convertirse en algo real, en algo tangible, en algo en lo que el alumno va a tomar parte y va a tener no solo que tener claros los conceptos estudiados sino aprender muchos otros a medida que los coches se van fabricando y no cumplen los deseos del cliente (ya sea por takt time, por calidad o por infinidad de aspectos). La sensaciones al acabar esas clases prácticas son diversas, pero de lo que no cabe duda es que no solo se ha pasado volando el tiempo dedicado a esa clase, sino que los conocimientos adquiridos en la misma han sido absorbidos por el alumno casi sin apenas ser consciente.

Gracias a esta experiencia surge la motivación de realizar este trabajo fin de máster, del deseo de que otros alumnos puedan disfrutar aprendiendo, del deseo de que otros alumnos puedan ser partícipes de una experiencia didáctica práctica que les ayude a complementar su formación y asumir ciertos conceptos que aunque son conceptos muy prácticos, no es tan habitual poder ponerlos en práctica.

Una vez decidido hacer un juego didáctico, lo difícil era decidir qué se quería enseñar con él y cómo se iba a hacer. En este caso entre la multitud de juegos didácticos existentes actualmente en la red, se ha escogido hacer una versión de "THE LEGO FLOW GAME". Esta

decisión se ha tomado buscando algún juego didáctico cuyo fin didáctico se ajustase a los conocimientos adquiridos durante la realización del máster en logística y a su vez buscando que fuese un juego completo y fácilmente desarrollable en el aula.

A su vez la elección de “THE LEGO FLOW GAME” como el juego a desarrollar en este trabajo fin de máster también se ha tomado teniendo en cuenta los buenos resultados obtenidos por el lean manufacturing en diversos sectores, lo cual lo convierte en un tema casi de obligado conocimiento para cualquier estudiante. Además el desarrollo del mismo se espera que no solo sea de gran utilidad para los futuros jugadores de este juego sino que su desarrollo me ha permitido fijar y mejorar los conocimientos relativos a este campo obtenidos durante la realización del máster en logística.

1.2. Objetivos

Sin lugar a dudas el objetivo de este trabajo fin de máster será la realización física de un juego didáctico a través del cual se pretenden enseñar las principales técnicas lean manufacturing.

Es importante destacar que el juego está diseñado principalmente para el estudio del flujo y por lo tanto se espera que al final de la sesión de juego los participantes tengan claro las ventajas de producir usando un sistema pull frente a la fabricación tradicional usando grandes lotes. Aun así siendo este su objetivo principal se espera que antes de llegar a ese final de partida los alumnos hayan aprendido distintos conceptos lean de forma natural, aprovechando las rondas de debate programadas al final de cada ronda para compartir formas de mejora según los resultados obtenidos.

Así pues entre los diversos conceptos que se espera que surjan de este juego didáctico principalmente enfocado al flujo, están los siguientes:

- Conocimientos de medida de tiempos
- Minimización de despilfarros, siendo visibles especialmente los despilfarros procedentes de sobreproducción, esperas y retrabajo.
- Empleo de las 5S: será imprescindible en rondas avanzadas clasificar, ordenar, tener el puesto de trabajo ordenado y el procedimiento estandarizado para conseguir trabajar con las piezas de lego de forma eficiente y obteniendo resultados.
- SMED, se espera que los jugadores sean capaces de interiorizar que cuando están fabricando en grandes lotes el producto esto se debe a la necesidad de cambio de útiles de fabricación principalmente, por lo tanto las limitaciones que se encontrarán en las dos primeras rondas en la normativa del juego serán debido a esto.
- Estandarización
- Calidad perfecta a la primera
- Mix de producción

Por supuesto y gracias al uso de las rondas de debate se espera que estos conocimientos no sean los únicos que consigan adquirir y que cada partida sea una experiencia

distinta en la que se pueden adquirir conocimientos diferentes según como se desarrolle el debate.

1.3. Alcance

El alcance final de este proyecto sea el desarrollo no solo teórico del juego didáctico sino desarrollarlo de forma física, de forma que sea una realidad tangible para futuros alumnos del máster en logística.

1.4. Organización

Al tratarse este proyecto del desarrollo y creación de un juego didáctico basado en uno ya existente se ha decidido organizar este trabajo fin de master de forma que quedase completamente claro tanto el funcionamiento del juego como lo que se quería transmitir con él. Para ello ha sido necesario dedicar capítulos de este proyecto para explicar las principales técnicas que el lean manufacturing ofrece y los pilares en los que se basa, así como dedicar un capítulo a la importancia de la rama lúdica en la didáctica y las nuevas tendencias existentes en ese campo cada vez más reconocidas.

Ambos capítulos serán el preámbulo perfecto para que los capítulos posteriores de desarrollo y diseño del juego sean lógicos y fácilmente entendible tanto en lo que respecta a su contenido cómo a la importancia que tiene esa variable lúdica a la hora de enseñar o aprender.

A continuación se explicara detalladamente la distribución que finalmente se ha decidido utilizar en el proyecto:

1) INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se explicara el motivo por el cual se ha escogido un juego didáctico como proyecto, las motivaciones y lo que se pretende transmitir con él.

2) LEAN MANUFACTURING

En este capítulo se desarrollará ampliamente todos los conceptos y técnicas que engloba la filosofía lean manufacturing así como los beneficios que su empleo puede suponer a diversos sectores.

En las primeras páginas de este apartado se hará una introducción histórica para entender cómo surge esta filosofía y como gracias a los objetivos conseguidos gracias a su uso y a la evolución de los mercados cada vez más globalizados ha conseguido que su uso sea cada vez no solo más habitual sino casi imprescindible para poder llegar a ser competitivo.

3) APRENDER JUGANDO

La finalidad de este capítulo es principalmente basándonos en diversas tendencias educativas basadas en el aprendizaje activo, entender la utilidad que un juego didáctico puede tener.

Para ello en se ha comenzado el capítulo tres definiendo qué es un juego didáctico, los tipos de juegos existentes y las características que un juego debe tener para poder considerarse didáctico.

El paso siguiente será explicar las principales teorías de aprendizaje activo más aceptadas y más en auge actualmente: gamificación y learning by doing.

Una vez explicadas estas teorías y la importancia del juego didáctico se ha decidido mostrar en la parte final de este capítulo el juego original que se tomará como referencia para el desarrollo de este proyecto fin de máster.

4) MODIFICACIONES DEL JUEGO INICIAL

La finalidad del cuarto capítulo será estudiar los modelos que se van a montar durante el desarrollo del juego didáctico y descubrir las limitaciones que estas provocarían en el juego original en el que se basa este proyecto si no se modificase.

Para estudiar estas limitaciones se han realizado despieces detallados de los modelos, se han tomado tiempos de montaje usando las instrucciones suministradas por el fabricante y se han detectado los problemas que surgían con las mismas.

A partir de todo ello se han realizado diversas modificaciones sobre el juego inicial, principalmente en las instrucciones de montaje, los roles y las rondas de juego para conseguir dotar al nuevo juego no solo de mayor fluidez a la hora de ser jugado sino para que lo que se pretendía enseñar durante su diseño lograrse verse reflejado en los resultados al final de la partida.

5) MANUAL DE JUEGO

En este capítulo se realizará un breve manual de juego, para que el director de la actividad lúdica coordine fácilmente la misma.

Se incluye en este capítulo además de las instrucciones un diagrama sinóptico para cada modelo como orientación para la última ronda, pero se debe de tener en cuenta que aunque en ese diagrama se muestra la distribución optima considerada por el autor de este TFM, al tratarse de un juego didáctico y al plantear el juego rondas de debate entre los participantes al final de cada ronda, esta distribución estandarizada de tareas puede distar mucho de la propuesta al final de cada ronda por los jugadores.

Como se trata de aprender haciendo, es importante que ese diagrama se tome como referencia pero que no se vea como una solución única a los problemas surgidos durante el montaje.

6) ESTUDIO ECONÓMICO

Se desarrollara en este apartado un estudio económico de cuánto podría costar el diseño y la realización física del juego suponiendo que ha sido desarrollado todo el proceso por un ingeniero titulado dado de alta como autónomo.

Se incluirán por lo tanto los costes de materiales, la mano de obra empleada, la amortización de los equipos y la infraestructura entre otros.

7) CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

Para terminar el desarrollo de este proyecto, este capítulo muestra las conclusiones obtenidas durante todo el proceso así como futuros desarrollos que podrían ser aplicados al juego con el fin de mejorar o ampliar sus fines didácticos.

8) BIBLIOGRAFÍA

Se referenciará aquí toda la documentación consultada para el desarrollo de este proyecto.

2. LEAN MANUFACTURING

La finalidad de este capítulo será explicar qué es el **lean manufacturing**, los principales conceptos por los que se rige así como las principales técnicas empleadas en el mismo. Para ello en los próximos apartados se intentará aclarar todos estos conceptos teniendo siempre en cuenta que la finalidad del juego didáctico que se va a proyectar y realizar en este TFM tiene como finalidad última que el participante en el adquiera algunos de estos conocimientos tanto durante la ejecución del juego como en el debate post juego.

2.1. Definición

El sistema empresarial y productivo mundial ha cambiado de forma radical en los últimos 60 -70 años, siendo necesario que las empresas cambiasen el enfoque de sus procesos productivos para poder competir en un mercado cada vez más globalizado y por lo tanto con mayor competencia.

Como respuesta a estos cambios y a esta necesidad de ser competitivos surge la filosofía lean manufacturing que no es más que una filosofía de trabajo basada en personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios (definidos estos como actividades o procesos que usan más recursos de los necesarios) y que despliega técnicas que cubren prácticamente todas las áreas operativas de fabricación (como por ejemplo: organización de los puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de la producción, mantenimiento, cadena de suministro...). La finalidad de esta filosofía no es otra que generar una nueva cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo cuyo fin último es hacer las cosas de forma más ágil, flexible y económica. Esta filosofía se podría decir por lo tanto que supone un cambio radical en el pensamiento clásico e implica un cambio total de mentalidad por parte de toda la organización, o al menos debería implicarlo, para que su funcionamiento sea efectivo. [Hernández Matías, J C y Vizán Idoipe, A en 2013 ; “Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación”; España]

Es importante destacar también que aunque el título de este apartado sea **Lean Manufacturing** debido a que inicialmente estas técnicas surgieron y se aplicaron en procesos de fabricación. Sin embargo debido a que cada vez estas técnicas se usan más en otros sectores se tiende cada vez más a usar simplemente el termino **Lean**. En cualquier caso en este TFM y ante la diferencia de criterios encontrados según el autor consultado se emplearan indistintamente ambos términos.

2.2. Historia

Aunque el origen y desarrollo de la filosofía lean manufacturing se sitúa normalmente en los años 50 en la corporación “**TOYOTA MOTOR COMPANY**” este desarrollo no hubiese sido posible sin las técnicas de organización de la producción creadas por **F. W. Taylor** y **Henry Ford** a principios del siglo XX. Por lo tanto en esta introducción histórica se ha considerado importante explicar los principales avances que ambos llegaron al sector industrial no sólo de la época sino al actual.

F. W. Taylor (1856-1915) fue un Ingeniero norteamericano que inicialmente estudiaba para abogado pero diversos problemas de salud (principalmente visuales) le impidieron continuar con su formación y comenzó a trabajar como operario en un taller de filadelfia. Gracias a su formación y a su capacidad analítica enseguida ascendió de puesto llegando a ser el encargado del mismo.

Durante sus horas de trabajo pasó horas observando el trabajo de los operarios de corte de metales que se encontraban a su cargo y gracias a esas horas de observación minuciosa y de la capacidad analítica que poseía surgieron las bases de su “**scientific management**”, una gran revolución para las industrias de la época.

El scientific management consiste principalmente en la aplicación del método científico a procesos, tiempos, equipos personas y movimientos para así obtener los mayores beneficios buscando una relación win-win entre el empresario y el obrero. Para desarrollar este método Taylor observó el trabajo de sus obreros, lo analizó, lo descompuso en tareas simples y cronometró estrictamente para luego poder exigir la realización del trabajo en el tiempo justo. Las principales ventajas que lograba este método eran las siguientes:

- Organizar mejor las tareas para reducir los tiempos muertos por desplazamientos, cambios de actividad o de herramientas.
- Establecer salario por pieza producida en función del tiempo de producción estimado necesario (funcionaba muy bien como incentivo para aumentar el ritmo de trabajo).
- Disminuía notablemente e incluso eliminaba el forcejeo entre la dirección y los trabajadores por la productividad.

Desde finales del siglo XIX este método se extendió rápidamente por el sector industrial puesto que además de las ventajas anteriormente citadas, gracias a la descomposición de tareas el empresario no necesitaba contratar mano de obra cualificada para su realización y en esas fechas gran cantidad de inmigrantes llegaban al país en busca de una oportunidad laboral. [Wikipedia[2016](b)] [Bibliografías y vidas [2016](a)].

Henry Ford (1863-1947), fue un ingeniero y empresario estadounidense que desde muy joven mostró curiosidad y afición tanto por los motores como por los engranajes de los relojes dedicándose en su juventud incluso a arreglarlos a amigos y vecinos. En la ilustración 1, mostrada a continuación, podemos ver a Henry Ford.

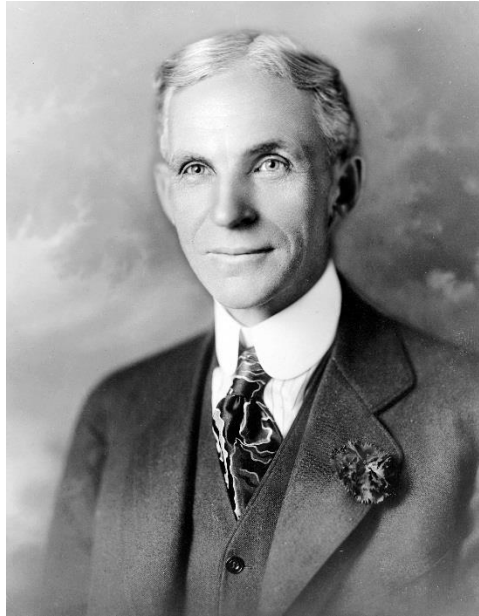


Ilustración 1: Henry Ford. Fuente: WIKIPEDIA [2016](a)

Aunque a lo largo de su vida empresarial montó diversas empresas no alcanzó el éxito hasta su tercera empresa la **FORD MOTOR COMPANY (1903)**. El éxito de su empresa radicó principalmente en lograr fabricar coches sencillos y baratos destinados a la clase media americana, que era numerosa y estaba creciendo pero que debido al precio que tenían hasta ese momento los automóviles no podían acceder a ellos.

Para conseguir fabricarlos a ese precio Ford se inspiró en los mataderos de Detroit y ejecutó una cadena de montaje a través de un sistema de correas, cadenas y engranajes. Además basándose en un sistema adoptado con anterioridad en diversas fábricas de relojes americanas diseñó un sistema de piezas intercambiables que abarataba la producción y las reparaciones debido a la estandarización. Además incluyó máquinas en la cadena de montaje para hacer labores elementales.

A estas mejoras hay que sumarle que era fiel seguidor de las ideas de **Taylor** y llevó la aplicación de su “**scientific management**” a todo su proceso de fabricación (Véase ilustración 2: “La cadena de montaje de Ford) Además al abaratar costes de producción hasta extremos insospechados para la época, Ford aumentaba el sueldo de sus trabajadores hasta los cinco dólares diarios que era aproximadamente el doble de lo que se cobraba en otras industrias de la época. Con esta subida salarial conseguía por un lado plantilla muy satisfecha con sus condiciones laborales, poca conflictividad laboral y además los mejores mecánicos de Detroit dejaban sus trabajos para trabajar en la **FORD MOTOR COMPANY** con lo cual la empresa se beneficiaba del capital humano y de la experiencia adquirida en otras instituciones. Esta subida salarial convertía también a sus trabajadores en una nueva clase media que eran clientes potenciales de la empresa gracias a su nuevo poder adquisitivo.

Ford nunca intentó monopolizar sus hallazgos y les dio máxima difusión lo que provocó por un lado que le saliesen competidores rápidamente y por otro que sus ideas se extendiesen rápidamente.[Wikipedia[2016](a)]

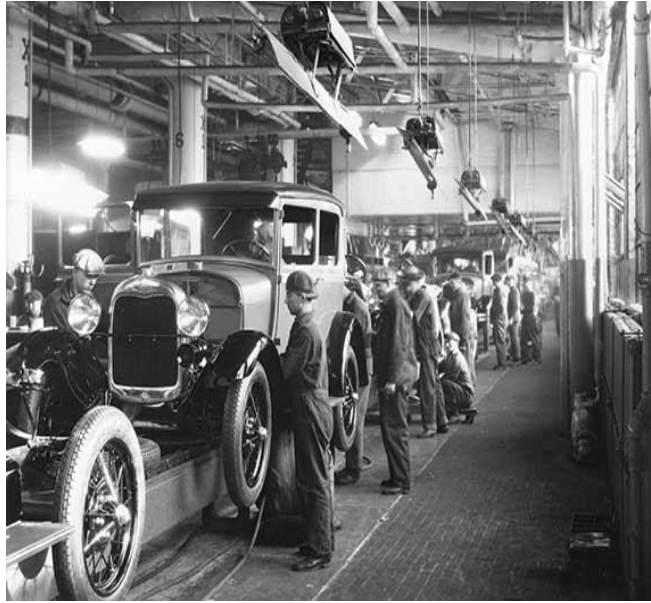


Ilustración 2: La cadena de montaje de Ford. Fuente: Omeñaca, J.L. [2015]

Tanto el taylorismo como el fordismo supusieron una gran revolución en el sector industrial y surgieron y evolucionaron en un momento histórico donde era posible producir grandes cantidades de un mismo producto y dar salida al mismo.

Sakichi Toyoda (1867-1930) supuso también un cambio trascendental en la industria de la época proponiendo al igual que Ford y Taylor una ruptura con el proceso de fabricación empleado hasta el momento. Este japonés que fundaría junto a su hijo (**Kiichiro Toyoda**) años más tarde la **TOYOTA MOTOR COMPANY** pasará a la historia con diversos apodosos como “el rey de los inventores japoneses” o “el padre de la revolución industrial japonesa”. Estos sobrenombres se los ganó entre otros muchos logros por inventar en 1894 una máquina para enrollar hilo o el primer telar automático.

Tras la depresión económica que sufrió Japón a principios del siglo XX Toyoda funda su primera empresa de telares automáticos que se regirá por tres lemas básicos:

- Detener las operaciones siempre que ocurra algo irregular
- No fabricar nunca productos defectuosos
- Que el personal no tenga que vigilar constantemente las máquinas

Con la finalidad de cumplir dichas metas, inventó un dispositivo que cuando se rompía algún hilo paraba la máquina y aparecía una señal visual para indicar que la máquina necesitaba atención. Estas serán las bases del **Jidoka** tan utilizado en lean manufacturing y cuyo funcionamiento se explicará detalladamente en los próximos capítulos. De momento indicaremos solamente que este paso fue una gran revolución en el sector puesto que será el primer ejemplo de “automatización con un toque humano” y que al separar la máquina del operario esto permite que un operario pueda encargarse simultáneamente de distintas máquinas y por lo tanto aumenta la productividad. Entre sus aportes a lo que posteriormente se llamaría LEAN MANUFACTURING hay que destacar también que será el padre de las 5W’s o lo que es lo mismo en preguntar cinco veces por qué ha ocurrido un problema en busca de la causa raíz del mismo.

En 1949 un colapso por las ventas obligo a Kiichiro Toyoda a despedir a una gran parte de la mano de obra y Eiji Toyoda (sobrino de kiichiro) y Taiicho Ohno (Ilustración 3) visitaron las empresas automovilísticas americanas con el fin de buscar una solución a ese colapso de las ventas. De esa visita sacaron como conclusión que el sistema rígido americano no era aplicable a Japón y que el futuro les exigiría producir automóviles pequeños y modelos variados a un bajo coste. Para lograr esto Ohno llegó a la conclusión de que esto solo sería posible suprimiendo los stocks y los numerosos despilfarros que se estaban generando en el proceso productivo de Toyota.

Gracias a esas conclusiones, acababan de nacer las bases del nuevo modelo de gestión que cambiaría el futuro de Toyota y de la industria mundial, el **Toyota Manufacturing System (TPS)** también conocido como **JIT**.



Ilustración 3: Taiichi Ohno. Fuente: Llorente, J.I.[2012]

2.3. Estructura del sistema lean

En apartados anteriores se ha hablado del lean manufacturing como una filosofía empresarial y un cambio en la forma de trabajar y pensar de toda la organización. Ante una definición de esa índole podría resultar complicado hacerse a la idea de que implica adoptar e implantar un sistema lean en cualquier tipo de organización o incluso hacerlo parecer más complicado de lo que realmente podría llegar a ser.

Si bien es cierto que cada organización puede encontrarse con unos problemas distintos a la hora de implantar este sistema y que por supuesto las necesidades de cada una van a ser distintas. Tradicionalmente se recurre a la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para visualizar rápidamente que encierra ese cambio de filosofía empresarial. Dicha casa representa un esquema simple que refleja los pilares fundamentales, principios, técnicas y métodos que serán necesarios para el correcto funcionamiento de un sistema Lean. Además es importante destacar que si no se entiende el concepto global representado por dicho esquema resultaría imposible realizar una implantación de un sistema lean de forma satisfactoria.

Debido a las distintas necesidades de cada organización este esquema puede variar llegando incluso a tener mayor complejidad o los conceptos más desarrollados en dicho

esquema (en muchos casos se incluyen en el mismo las herramientas necesarias para forjar esos pilares) , pero en este proyecto TFM se ha optado por mostrar la versión más tradicional y genérica para dicha casa puesto que se ha considerado que es la forma más rápida y visual para lograr entender en que consiste ese cambio en la filosofía en la organización (Véase ilustración 4).

Toyota no ha escogido la representación de estos conceptos en forma de casa de forma casual, sino que con ella representa en forma de metáfora que el lean es un sistema estructural que es fuerte y sólido siempre y cuando los cimientos y las columnas lo sean. Esto quiere decir que al igual que ocurre en la construcción de una casa si una de dichas estructuras (pilares o cimientos) fallase se debilitaría todo el sistema llevando el sistema a la ruina. [García, J.J [2013]]



Ilustración 4: TPS Fuente: Lean Lexicon [2014]

En la imagen anterior se puede dividir dicha casa del lean en tres partes fundamentales: tejado, pilares y cimientos

En el tejado no es otro que el fin último que debe perseguir la organización, los objetivos finales para los cuales debe trabajar todo la organización. Estos objetivos tal y como se puede ver en la imagen anterior son conseguir producir con la mayor calidad pero con plazos de entrega y coste de producción lo más pequeños posibles.

La siguiente pregunta casi obligatoria una vez conocidos los objetivos finales sería ¿Cómo conseguirlos? Y ahí es donde entrarían en juego diversos conceptos y herramientas características de un entorno lean. A continuación se explicara brevemente el significado de estos términos sin entrar demasiado en detalle puesto que en capítulos posteriores se hará una descripción detallada de cada una de estas herramientas.

En la parte superior de los cimientos de la casa aparecen dos herramientas fundamentales para sustentar todo el sistema: el **Just in time** y el **Jidoka**.

El **Just in time** probablemente sea el concepto más popular o reconocido del sistema Toyota, consiste en producir el artículo indicado, en el momento requerido y en la cantidad exacta que se demanda.

Jidoka es un concepto de origen japonés cuya traducción más habitual es “Automatización con un toque humano” del que ya se ha hablado anteriormente en este TFM (Véase apartado 2.2) y que consiste en separar al hombre de la máquina, mientras que a ambos les da la habilidad para determinar cuando algo no se encuentra funcionando según lo previsto y detener el proceso de fabricación. Este proceso ayuda de sobremanera a detectar la causa de los problemas, subsanarlas y no incurrir en costes derivados de la no calidad.

Tal y como se puede observar en la imagen en el centro de los pilares aparecen diversas herramientas útiles para conseguir que tanto el Just in time como el Jidoka se cumplan o que sirven para controlar que se estén cumpliendo (Véase capítulo 2.5)

Los cimientos de la casa se basan en que para que el sistema sea robusto o estable es necesario que los procesos se encuentren estandarizados, la producción se encuentre nivelada y enfocada hacia la mejora continua (**Kaizen**). Si la organización cumple estos requisitos podrá comenzar a levantar los pilares sobre los que sustentan el tejado de su nueva filosofía pero si estos cimientos no son sólidos y se intenta seguir avanzando en el proceso lo único que se conseguirá será gastar recursos para no llegar a ningún sitio.

2.4. Principios del sistema Lean

Para conseguir entender el funcionamiento de un sistema lean manufacturing no es suficiente conocer solamente como se estructura dicho sistema en la organización sino tener muy claro los principales principios por los que se va a regir esa nueva filosofía. En este capítulo se enumeraran y los principios fundamentales por los que deber regirse cualquier sistema lean.[Hernández, J.C y Vizán, A [2013]]

- **Minimización de los despilfarros**
- **Calidad perfecta a la primera**
- **Mejora continua y Kaizen:** Para que la implantación de un sistema lean proporcione a la organización que lo implanta beneficios, uno de los pilares fundamentales se basa en mejorar continuamente basándose en el ciclo de Deming. Si la empresa se marcara unos objetivos y una vez cumplidos no siguiese evolucionando enseguida aparecería otra empresa que lo hiciese y por lo tanto esta nueva empresa sería la que realmente podría competir en el mercado actual.
- **Utilización de procesos pull:** es el cliente el que marca lo que se produce, es decir es el que tira de la producción no empujados por la producción de la fábrica puesto que esta segunda opción sólo llevaría a la generación de stocks innecesarios y por lo tanto a la necesidad de una inversión de materias primas,

personal, tiempo y espacio innecesarias a las que no se les sacaría el rendimiento necesario.

- **Flexibilidad**
- **Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores.**

En los próximos apartados se intentará explicar de forma más concisa qué significan y qué implican para la organización cada uno de estos conceptos así como detallar más profundamente otros principios lean manufacturing que se encuentran íntimamente ligados con ellos.

2.4.1. Minimización de los despilfarros

Para entender este principio lean es imprescindible tener muy claros los conceptos de valor añadido y despilfarro. Puesto que se medirá la eficiencia de los procesos y la productividad de todos los procesos del sistema utilizando ambos términos.

El valor se añade cuando las actividades que inciden sobre una determinada materia prima, producto o servicio tienen como único objetivo transformarlo en algo diferente por lo cual el cliente potencial se encuentre dispuesto a comprar. Este concepto será de gran ayuda a la hora de medir la eficiencia de los procesos y de identificar los costes necesarios o innecesarios del proceso productivo.

Íntimamente ligado al concepto de valor añadido se encuentra el concepto de despilfarro que es totalmente opuesto a él. Se define **despilfarro o desperdicio** como todo aquello que no añade valor al producto o que no es esencialmente fundamental para fabricarlo. Es importante destacar que a la hora de estudiar un proceso de fabricación pueden existir actividades que no añaden valor al producto pero que son imprescindibles para el proceso productivo. Esta aclaración es muy útil puesto que resulta bastante habitual pensar en suprimir cualquier actividad que no añada valor al producto y como se acaba de comentar en muchos casos dicha actividad resulta totalmente necesaria.

La forma más tradicional de clasificar los despilfarros más habituales en el entorno productivo se basa en una clasificación creada por **Taichii Ohnoy** se conoce como las **7 Mudás** (Muda es el término japonés que significa despilfarro o desperdicio) aunque actualmente son muchas las empresas que con el avance de los sistemas productivos desde la creación de esta técnica han añadido nuevas mudas a esta clasificación. Así pues, para este TFM se ha decidido mostrar primero la clasificación de Taichii Ohno (Ilustración 5) y luego comentar de forma breve los nuevas mudas que se pueden añadir a dicha clasificación.



Ilustración 5: Los 7 mudas. Fuente: Santos, J.C [2012]

Tal y como se puede ver en la imagen anterior los principales desperdicios o mudas que se producen son debidos a:

- **Sobreproducción:** Si se produce más de lo que el cliente demanda o con anterioridad a que lo demande se produce una sobreproducción. Esto supone un gran desperdicio de mano de obra, materia prima, recursos financieros a los que se le podrían haber sacado más rendimiento. Las principales motivos por los que se produce más cantidad de producto que la realmente necesaria suelen ser debidos a: errores en la previsión de ventas, intentos de aprovechar la máxima capacidad de las máquinas, just in case (producir “por si acaso”), una mala planificación de la producción o una producción no equilibrada.

Este muda además tiende a generar un muda de inventario cuyas características se detallaran en la explicación de dicho desperdicio.
- **Transporte:** Cualquier transporte no necesario o no optimizado (ya sea en interno como en externo) supone un desperdicio de mano de obra, tiempo, equipo y combustible. Además cuanto más se transporte un producto más probabilidad tiene de que resulte dañado. Por lo tanto será necesario optimizar los transportes para obtener el mayor rendimiento posible. Además este desperdicio está íntimamente ligado con el muda “**movimiento**” puesto que aunque el transporte suele referirse mayoritariamente a los materiales y los productos mientras que el movimiento suele referirse a las personas, resulta obvio que en muchos casos es imprescindible adjudicar personal humano a la tarea de transporte.
- **Inventario:** Este muda se debe al almacenamiento de productos terminados y materias primas con el fin de estar prevenido ante cualquier situación adversa que pueda surgir (**just in case**) como puede ser por ejemplo un pico inesperado en la

demanda del cliente o una huelga de transportes que no permita la entrada de materias primas en la industria. Este almacenamiento masivo se considera el despilfarro más claro en el sistema lean, no sólo por la cantidad de inversión tanto de recursos que necesita esa creación y almacenamiento del stock sino porque el tener lograr cumplir los requerimientos del cliente puede mantener ocultos problemas de mayor gravedad en la organización o en el sistema productivo. Además esta acumulación de material tanto antes del proceso como después del mismo indica claramente que el flujo productivo no es continuo. Si todos estos motivos no fuesen suficientes para ver la gravedad que supone para una organización tener gran cantidad de inventario, no se puede olvidar que durante el almacenamiento de productos se pueden producir diversas pérdidas de los mismos debido a causas como la obsolescencia de productos, la caducidad de los mismos, roturas durante el almacenamiento, etc.

- **Esperas:** Se podría definir el despilfarro por tiempo de espera como el tiempo de trabajo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Si esto sucede es habitual que se produzcan cuellos de botella o lo que es lo mismo operarios parados esperando a que el operario u operarios anteriores terminen su trabajo mientras que estos se encuentran trabajando a máximo rendimiento. Entre las principales causas que pueden dar lugar a este tipo de desperdicio se encuentran: Existencia de métodos de trabajo no estandarizados, mal diseño de layouts, desequilibrios de capacidad, producción de grandes lotes o tiempos de preparación de maquina o cambios de utillaje elevados.
- **Sobre proceso:** si a un producto se le realizan operaciones inadecuadas o excesivas cuya acción el cliente no nota o no está dispuesto a pagar se está sobreprocesando el producto sin necesidad, es decir se están aumentando los recursos necesarios para su producción reduciendo el beneficio que la empresa obtendrá por dicho producto puesto que si el cliente no está dispuesto a pagar por ese sobreprocesamiento la empresa tendrá que competir con otras que no lo realicen y por lo tanto tenga mayores margen de beneficio en dicho producto, y por lo tanto podrá ser más flexible con el precio final.

Es importante decir en el caso de este muda que en muchos casos este sobreproceso lo produce un desconocimiento de las necesidades del cliente, por ejemplo si se pierden horas realizando informes que finalmente nadie lee se está incurriendo en un sobreprocesamiento innecesario.

- **Retrabajos:** Es un despilfarro derivado por errores en la producción que implican tener que volver a procesar el producto debido a que no cumple las calidades exigidas por la organización o por el cliente. Aunque es un error bastante aceptado se debería intentar reducir a cero puesto que estos costes derivados de la **no calidad** suponen una pérdida de dinero, tiempo y recursos materiales que acaban encareciendo el producto final. Para conseguirlo es necesario conseguir un cambio de mentalidad en la organización buscando que sean los operarios los que realicen un control de calidad a tiempo real mientras realizan su trabajo diario y ante cualquier disconformidad respecto a los parámetros de calidad deseados paren la cadena o retiren el producto de la misma buscando así que un producto que no posee la calidad adecuada siga avanzando en la cadena de montaje. Además de este cambio de mentalidad también

existen distintas herramientas lean que ayudan a minimizar estos retrabajos como el **jidoka**, la estandarización de las operaciones, señales de alarma, poka-yokes, aseguramiento de la calidad en el puesto, controles visuales, etc.

- **Movimiento:** Todo movimiento de personas o equipamiento significa un gran desperdicio de recursos siempre y cuando no añada valor al producto. Este muda se debe principalmente a una falta de planificación en materia ergonómica y provoca no sólo una pérdida de producción por unidad de tiempo sino que también causa cansancio y fatigas que acaban provocando una baja productividad.

Tal y como se ha dicho anteriormente estos siete desperdicios son los que tradicionalmente **Taiichi Ohno** observó y clasificó, sin embargo cada vez son más las organizaciones que añaden nuevas mudas a sus clasificaciones. Probablemente la más generalizada y aceptada actualmente es el **desperdicio por desaprovechamiento de las capacidades de los trabajadores** y el **gasto innecesario de energía**.

2.4.2. Calidad perfecta a la primera

Este principio se basa en la búsqueda de cero defectos, detección y solución del problema en origen. Bajo este lema se consigue no solo que la empresa sea más competitiva en calidad sino que se reducen o se eliminan los costes de no calidad que acaban repercutiendo en el precio del producto final sin ofrecer valor añadido al cliente.

Otra de las ventajas que ofrece a la organización este principio es que si se consigue llegar a él, desaparece totalmente el muda de retrabajo obteniendo por lo tanto beneficios claros de su eliminación.

Probablemente la mejor y más popular cita que se puede emplear en este campo pertenece a Edward S. Deming en su libro “Out of crisis” publicado en 1986 y es la siguiente:

“La calidad no se controla, se fabrica”

2.4.3. Mejora continua y Kaizen

La mejora continua es uno de los principios claves del lean manufacturing y tiene su origen en las aportaciones de Deming y Juran en materia de calidad y control estadístico de procesos que se convirtieron en el pilar para los nuevos planteamientos de Ishikawa, Imai y Ohno que resaltaron la importancia de la participación del personal utilizando todas sus capacidades para la resolución de problemas.

Kai = Cambio **Zen = Bueno**

改善

Ilustración 6: Kaizen. Fuente: Lodeiro, F.C. [2015]

Tal y como se puede observar en la ilustración 6 Kaizen significa cambio para mejorar y deriva de las palabras japonesas Kai (cambio) y Zen (Bueno), la mejora continua implica un cambio constante tanto en la mentalidad de la organización como en las prácticas que esta utiliza, teniendo siempre en cuenta que dicho cambio hay que realizarlo paso a paso realizando pequeños cambios que poco a poco supondrán un gran cambio. [Quesada. G [2005]]

A medida que se van obteniendo logros visibles se considerará esos logros obtenidos como el punto de partida para el siguiente objetivo basándose en el ciclo de Deming el cual se puede observar en la ilustración 7 mostrada a continuación.



Ilustración 7: Ciclo de Deming. Fuente: Aldana, L.M [2015]

Los diez puntos clave del espíritu Kaizen se pueden resumir en la siguiente tabla (Tabla 1) de forma muy visual:

EXCELENCIA EN LAS OPERACIONES. LA MEJORA CONTINUA	
Los 10 puntos clave del espíritu Kaizen	
1)	Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas
2)	En lugar de explicar lo que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo
3)	Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora
4)	No buscar la perfección, marcar objetivos medibles y asumibles
5)	Corregir un error inmediatamente e in situ
6)	Encontrar las ideas en la dificultad
7)	Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución
8)	Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola
9)	Probar y después validar
10)	La mejora es infinita

Tabla 1: La mejora continua. Fuente: Hernandez,J.C y Vizán, A [2013]

2.4.4. Procesos pull

Una de los cambios más radicales que supuso la creación del lean manufacturing fue la fabricación utilizando sistemas pull en vez de push que era como tradicionalmente se fabricaba. Que el alumno entienda ambos sistemas productivos y conozca las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos será una de las finalidades del juego didáctico creado a partir de este trabajo fin de máster.

Como anticipo a la partida de “THE LEGO FLOW GAME” es importante decir que los sistemas de fabricación o reposición pull son sistemas totalmente orientados al cliente (interno o externo) siendo este el que decide lo que se fabrica, pues solo se fabricará lo que el cliente necesite en cada momento. Por lo tanto todo lo que se produzca fuera de lo que el cliente demanda será una sobreproducción clara y se estarán generando desperdicios con los consiguientes problemas y costes que estos provocan (Véase apartado 2.4.1). En la ilustración 8, mostrada a continuación se muestra una comparación gráfica de las diferencias entre ambos procesos.

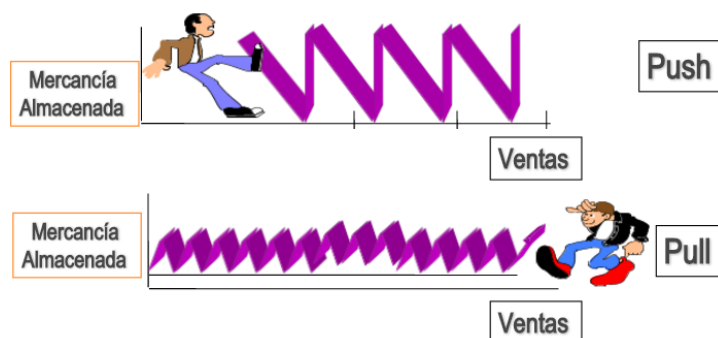


Ilustración 8: Representación gráfica de sistemas pull y push. Fuente: Farberoff,M. [2014]

La utilización de un sistema pull consigue que la producción sea precisa, que los lotes a fabricar sean pequeños, reduce los stocks y los desperdicios y es mucho más sencillo de controlar por la gerencia de la organización. A su vez como parece obvio se logra un ahorro de

costes y la inversión en materias primas que se queda inmovilizada es casi inexistente, mientras que en un sistema push es habitual tener gran cantidad de dinero invertida en stocks que en caso de no haber demanda provocaría falta de liquidez con lo cual el rendimiento de ese capital invertido sería poco o inexistente pudiendo incluso a generar un coste para la empresa.

2.4.5. Flexibilidad

La RAE entre las muchas acepciones que ofrece para el adjetivo flexible contempla la siguiente: “Flexible: susceptible de cambios o variaciones según las circunstancias o necesidades”.

Y eso precisamente es lo que se entiende por flexibilidad en un entorno lean manufacturing. La flexibilidad no es más que la capacidad que tiene una organización para adaptarse a las exigencias del cliente de forma rápida y eficiente.

Esta adaptación le permitirá a la organización producir gran cantidad de referencias de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a menores volúmenes de producción y por supuesto sin generar excesos de inventario. Para lograrlo se usaran diversas técnicas como la fabricación en células que se explicará en el apartado 2.5.3.1.

2.5. Principales técnicas empleadas

Tal y como se ha comentado en capítulos anteriores a este para la implantación y correcto funcionamiento de un sistema lean manufacturing existen diversas técnicas a disposición de la organización para materializar los objetivos marcados y asegurar su cumplimiento.

Estas técnicas son de lo más diversas puesto que según el tipo de organización sus necesidades serán distintas y por lo tanto lo serán también las técnicas que necesite aplicar para el correcto funcionamiento del sistema.

Tomando como referencia a Hernández Matías, J C y Vizán Idoipe, A en 2013 en su publicación “Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación”, se ha decidido en este trabajo fin de máster clasificar las principales técnicas lean (Tabla 2) del siguiente modo: un primer grupo estará formado por las técnicas aplicables a cualquier organización, producto o sector; en el segundo grupo se encontrarán técnicas para las cuales se necesita un mayor compromiso y un mayor cambio de la mentalidad de toda la organización mientras que en el tercero se encontrarán técnicas más específicas que cambian radicalmente la forma de planificar, programar y controlar la producción y la cadena logística.

PRINCIPALES TÉCNICAS LEAN		
TIPO	CARACTERÍSTICAS	PRINCIPALES TÉCNICAS
GRUPO I	Aplicables a cualquier empresa/sector o producto	5 S
		Smed
		Estandarización
		TPM
		Control visual
GRUPO II	Necesitan mayor compromiso y cambio de mentalidad	Jidoka
		Técnicas de calidad
		Sistemas de participación del personal
GRUPO III	Cambian forma de planificar, de programar y de controlar	Heijunka
		Kanban

Tabla 2: Clasificación de las principales técnicas lean. Elaboración propia

Además de la aplicación de estas técnicas es necesario que la organización base su sistema en los principios explicados en el capítulo 2.4, centrándose principalmente en generar el cambio de mentalidad en todos los eslabones de la organización y fomentando la cultura de la mejora continua. Además es necesario destacar que no es necesario aplicarlas todas de primeras, sino que siguiendo el pensamiento kaizen y de mejora continua, hay que ir marcándose objetivos de aplicación e ir tomándose cada avance en la aplicación como el nuevo paso de partida para el siguiente objetivo de esa técnica o para el comienzo de la siguiente.

2.5.1. Grupo I

Como ya se ha adelantado en el apartado 5.1 en este grupo se englobarán las técnicas que son aplicables a cualquier empresa, producto o sector. Esta aplicación tan amplia se debe a su sencillez y deberían ser de obligado cumplimiento casi en cualquier empresa que desee ser competitiva en el mercado actual. Se basan principalmente en el sentido común y su entendimiento y su aplicación resulta relativamente sencillo en comparación con otras que se explicarán en capítulos posteriores.

2.5.1.1. Las 5 S

Esta herramienta será la primera aplicar por cualquier organización que desee implantar un sistema lean, se caracteriza porque es una técnica fácil de entender, que no requiere grandes conocimientos para su aplicación y a su vez no necesita inversiones económicas significativas. La mayor inversión necesaria para esta técnica es de tiempo, que será necesario tanto para formar a los trabajadores en este concepto como para conseguir el

cambio de mentalidad en la organización para conseguir toda ella rompa con los conceptos clásicos empleados con anterioridad a esta herramienta.

El nombre de esta técnica proviene de los nombres en japonés de los cinco conceptos en los que se basa la técnica: **Seiri** (eliminar lo innecesario), **Seiton** (ordenar), **Seiso** (limpiar e inspeccionar), **Seiketsu** (estandarizar) y **Shitsuke** (crear hábito).

La finalidad de esta metodología no es otra que organizar el trabajo de forma que se reduzcan los desperdicios, asegurando que las zonas de trabajo estén correctamente ordenadas y limpias con el fin de mejorar la productividad y la seguridad.[Justo,D [2016]; Hernández, J.C y Vizán, A [2013]].

Con el fin de entender de forma más visual la técnica de las 5S en la ilustración 9, se puede observar claramente en que consiste y los pasos a seguir para una correcta implantación.

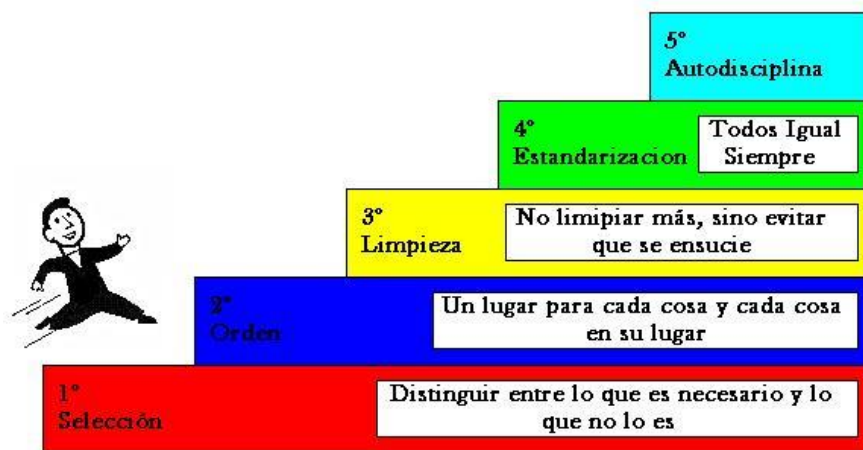


Ilustración 9: pasos para implantar y mantener 5S. Fuente: Salazar,M. [2015]

SEIRI (ELIMINAR O CLASIFICAR):

Es el primer paso a tomar. Consiste en clasificar en el lugar de trabajo lo que se usa y lo que no así como clasificar las cosas que se usan según la frecuencia con que se emplean. Esta clasificación servirá en primer lugar para liberar el puesto de trabajo de estorbos o elementos innecesarios que lo único que hacen es dificultar el trabajo a realizar así como producir desperdicios de tiempo, espacio etc.

La clasificación por frecuencia servirá a su vez para lograr mayor ergonomía en el puesto de trabajo acercando al trabajador lo que se usa con frecuencia y alejando lo que aun usándose se emplea con menor frecuencia.

SEITON (ORDENAR)

Una vez retirados del puesto de trabajo los elementos innecesarios se deben ordenar los necesarios, de forma que su localización sea rápida y fácil. Con esto se consiguen reducir los tiempos de búsqueda, se reducen problemas de calidad y de seguridad así como los movimientos innecesarios por parte del trabajador.

Es necesario también que el lugar de cada elemento, herramienta o útil de trabajo no solo sea conocido por los trabajadores sino fácilmente identificable de forma que a la hora de devolver el elemento a su lugar no exista lugar a dudas y cada elemento vuelva a su lugar. Como se puede ver en la imagen anterior la mejor forma de definir este concepto es *“Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”*. En la ilustración 10, mostrada a continuación se muestra un ejemplo de cómo asegurar que cada cosa vuelva a su lugar.



Ilustración 10: Siluetas adhesivas.

Para que esta fase se realice correctamente y de forma efectiva es necesario establecer criterios de ordenación principalmente basados en: frecuencia de uso y criterios de calidad, eficacia y seguridad.

SEISO (LIMPIEZA E INSPECCIÓN)

La finalidad de este paso no es otro que inspeccionar el puesto de trabajo e identificar las fuentes de suciedad y eliminarlas del puesto de trabajo así como realizar una limpieza del puesto de trabajo cuando se produce la suciedad, de forma que en cualquier momento el puesto se encuentre en perfecto estado para ser usado.

Con una correcta identificación de los focos de suciedad y su eliminación se puede conseguir erradicar numerosos problemas en el proceso productivo así como numerosos problemas de calidad en que podrían presentarse en el producto a fabricar debido a esta falta

de limpieza. La limpieza no solo ayuda a que el trabajador se encuentre más cómodo en el trabajo y que se minimicen por lo tanto los problemas en sus labores sino que su falta podría provocar que problemas en la maquinaria no se aprecien correctamente, como por ejemplo si un motor pierde aceite.

Resulta importante comentar en este paso, que si se detecta algún desorden en esta fase es necesario identificar la razón de que se produzca y proponer medidas correctoras para solucionarlo.

SEIKETSU (ESTANDARIZAR)

Una vez realizados los pasos anteriores el paso siguiente es estandarizar los procedimientos de forma que se establezca un método que asegure el cumplimiento de las tres eses anteriores. Con la creación de este procedimiento el trabajador conocerá en cada momento qué hacer, cuándo hacerlo, dónde y cómo hacer para asegurar el cumplimiento de las tres anteriores eses quedando a su vez perfectamente estipuladas las responsabilidades que tiene que asumir cada miembro de la organización en cada caso.

SHITSUKE (CREAR HÁBITO)

La gran diferencia entre esta ese y las cuatro anteriores es que en esta caso la medición de esta es difícilmente medible de forma tangible pero sirve para que el resto de las eses funcionen correctamente.

Shitsuke no es más que crear hábito en los trabajadores para que utilicen los métodos estandarizados pautados en los pasos anteriores y se rompan “malas costumbres” adquiridas en épocas anteriores a la implantación de esta herramienta. Para que funcione correctamente es necesario tener formados a los trabajadores sobre la metodología a seguir e informarlos de cualquier cambio que pueda surgir en los procedimientos, así como conseguir implicarlos en el proceso consiguiendo que cambie la mentalidad de los mismos hasta esa nueva filosofía que implica el lean manufacturing.

2.5.1.2. Cambio rápido de herramientas (SMED)

Esta herramienta cuyo nombre procede de (Single-Minute Exchange of Dies) nace como un conjunto de técnicas cuya finalidad es reducir los tiempos de preparación de las máquinas hasta llegar a la situación ideal que sería no tener que cambiar las herramientas nunca. Para poder llegar a esta situación ideal se debe empezar con pequeños cambios basados en un estudio detallado de la máquina, utillaje, herramientas o en el producto de forma que los tiempos empleados en el cambio se vayan reduciendo paulatinamente.

Si la organización consigue que los tiempos de preparación sean rápidos y con procedimientos sencillos logrará poder reducir el tamaño de sus lotes de producción y por lo tanto reducir su inversión en stocks y por lo tanto obtendrá un mayor beneficio con menor inversión y será mucho más sencillo adaptarse a las necesidades del cliente (véase ilustración 11). Además se reduce también la posibilidad de errores en los cambios y por lo tanto

implícitamente se reducen también problemas de no calidad en el producto que estos puedan generar. [Adavert,J.[2016]]

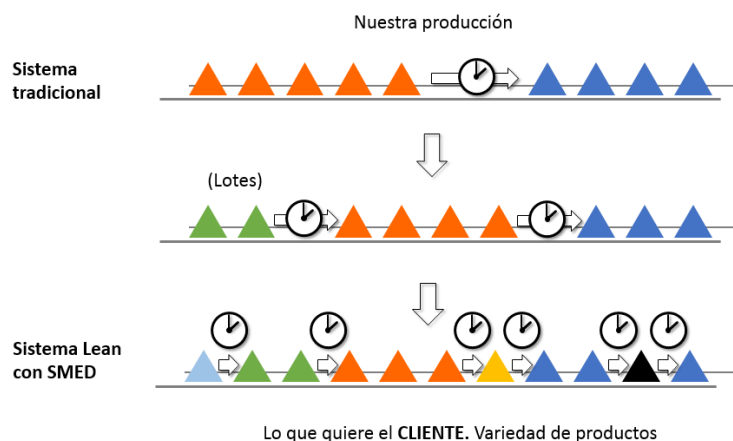


Ilustración 11: El SMED y mix de producción Fuente: Adavert, J.[2016]

Para conseguir que una acción SMED se lleve a cabo de manera satisfactoria será necesario realizar un estudio detallado de métodos y tiempos de las actividades de preparación que constará de cuatro fases perfectamente diferenciadas que se explicaran a continuación.

FASE 1: PREPARACIÓN INTERNA Y EXTERNA

El primer paso para realizar una acción SMED será plantearse en qué punto está la empresa y que está ocurriendo con la preparación de útiles. Las preguntas clásicas de ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Dónde?, ¿Quién?, ¿Cuándo? Y sus correspondientes ¿Por qué? Serán de gran ayuda para entender que sucede con el cambio de útiles. Para conseguir esa visión de la situación actual se pueden usar diversos métodos entre los que suelen ser habituales las entrevistas con los trabajadores, las grabaciones en video de la operación de preparación completa, elaboración de un documento de trabajo...

Sera necesario diferenciar claramente entre dos conceptos clave: La **preparación interna** y la **preparación externa**. Se conoce como preparación interna a todas aquellas actividades de preparación que es necesario realizar con la máquina parada mientras que para la preparación externa es aquella que permite que la maquina siga funcionando mientras se realizan las labores de preparación.

Entender bien la diferencia entre estos dos conceptos es básico a la hora de comenzar un SMED puesto que el primer objetivo será intentar convertir en cuanto sea posible la mayor cantidad de preparación interna en externa para así reducir los tiempos de parada de la máquina y por lo tanto reducir los costes de la producción.

FASE 2: REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE PREPARACIÓN INTERNA

Aunque en la primera fase se haya marcado como objetivo convertir la preparación interna en externa, esto no se puede lograr en todos los casos (aunque lograrlo sería la

situación ideal) por lo tanto es necesario que ante la imposibilidad de convertirla estudiar métodos para reducir el tiempo empleado en preparación interno. Para conseguir la reducción de este tiempo de preparación interno será necesario aplicar sobre estos procesos un control exhaustivo y una mejora continua de los mismos.

Para lograr esta mejora continua es importante estudiar las necesidades del personal en cada operación y las necesidades propias de cada operación, para así lograr que no se tengan que buscar herramientas o útiles, no mover cosas innecesariamente o usar las herramientas correctas.

FASE 3: REDUCIR EL TIEMPO DE PREPARACIÓN DEL EQUIPO

Las medidas aplicadas en las fases anteriores se han orientado principalmente a las operaciones o actividades que son necesarias para reducir los tiempos de preparación de los útiles y herramientas sin embargo no se debe olvidar que el propio equipo también puede ser de gran ayuda a la hora de reducir los tiempos de preparación. Así pues una mejora del equipo puede ser una gran inversión de recursos para reducir los tiempos de preparación.

Para lograr esta mejora del equipo pueden tomarse diversas medidas como por ejemplo modificar la estructura del equipo que permitan una reducción del tiempo de puesta en marcha, o incorporar al equipo dispositivos que permitan fijar la altura o la posición de plantillas o troqueles mediante el uso de sistemas automatizados que simplifiquen el proceso. Además la automatización de los cambios de preparación también pueden reducir sustancialmente dichos tiempos y lograr a su vez disminuir problemas producidos por errores humanos.

PREPARACIÓN CERO

Como ya se ha comentado la situación ideal sería no tener tiempos de preparación, es decir eliminar totalmente los tiempos perdidos que se producen por ajustes y reglajes. Para llegar a este punto el camino no será fácil pero si se consigue lograrlo a través de utilización de tecnologías adecuadas y diseñando dispositivos flexibles para productos de la misma familia se logrará una mayor flexibilidad y sobre todo una respuesta efectiva y rápida a los cambios de las demandas de los clientes. Por lo tanto llegar a ese momento de preparación cero supondrá un gran avance para la aplicación de otros conceptos lean manufacturing como son la nivelación de la producción o los sistemas pull.

2.5.1.3. Estandarización

La estandarización es otro de los pilares fundamentales en la filosofía lean manufacturing y se encuentra íntimamente relacionada con la mejora continua. Se podría definir estandarizar como el proceso mediante el cual a través de descripciones escritas y gráficas se ayuda a comprender las técnicas más eficaces y fiables que se emplean en una fábrica aclarando toda la información necesaria sobre las mismas incluyendo las personas, maquinas, materiales, métodos, mediciones e información complementaria para su correcta utilización. El fin de este proceso no es otro que producir productos de calidad, de modo fiable, seguro, barato y rápidamente.

Su relación con la mejora continua es evidente, puesto que una de las claves del pensamiento lean es “un estándar se crea para mejorarlo” esto quiere decir que basándose en el ciclo de Deming explicado en capítulos anteriores, primero se crea un estándar o procedimiento de cómo debe realizarse un proceso determinado, se mejora el proceso actual, se comprueba si con ese procedimiento el proceso se ha mejorado y se estandariza un nuevo método para realizar dicho proceso. Una vez llegados a ese punto el trabajo no termina sino que el logro obtenido es el punto de partida para la siguiente mejora en el procedimiento.

Este proceso de estandarización no debe llevarse a cabo solamente en el proceso productivo sino que debe de estar presente en toda la organización para obtener el efecto deseado.

Para mostrar la importancia que la estandarización tiene en el lean manufacturing se ha decidido ilustrar este capítulo con una anécdota relacionada con Taiichi Ohno (padre del lean), en su se recoge que Taiichi increpó un día a uno de los responsables de área porque los estándares que tenía colgados bien visibles habían amarillado con el tiempo. Ohno le dijo: “*Su trabajo es mejorar los estándares constantemente y estos tienen por lo menos un año y medio. ¿Para qué le pagamos a usted?*” Taiichi Ohno

2.5.1.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Tradicionalmente en la visión más clásica del sector industrial existía una separación muy clara entre los operarios de producción y los de mantenimiento sin embargo el TPM son un conjunto de técnicas que intentan dejar a un lado esta separación y reducir el número de averías a través de la participación y motivación de todos los empleados. Esta participación conjunta no engloba solamente a operarios de producción y de mantenimiento sino que comienza ya con el equipo encargado de diseñar dicha máquina y en la propia dirección de la organización.

Los principales principios en los que se basa el TPM son los siguientes:

- Maximizar el rendimiento de la máquina, si se va a trabajar con el menor número de inventarios cualquier avería en el funcionamiento de la maquina podría suponer no poder cumplir la demanda del cliente.
- Diseñar un mantenimiento productivo del equipo para toda la vida útil del equipo. Así como un mantenimiento preventivo sistematizado y programado que evite en la medida de lo posible las averías.
- Todos los trabajadores participan en las labores de prevención, detección y corrección de las anomalías de diseño y funcionamiento de las maquinas.
- El operario es quien mejor conoce su puesto de trabajo y por lo tanto será el encargado de la detección y reparación de defectos menores del equipo, así como la limpieza y orden del puesto de trabajo. En el caso de que las averías sean de mayor envergadura colaboración conjunta con mantenimiento proporcionándoles la información de lo observado en el puesto de trabajo.

Para que este TPM funcione correctamente es necesario asegurar que el operario posee las habilidades necesarias para hacerse responsable del automantenimiento del puesto de trabajo y en caso de que no disponga de ellas, formarlo adecuadamente.

2.5.1.5. Control visual

Aunque resulta obvio que en cualquier organización se maneja diariamente una gran cantidad de información, en el enfoque más tradicional de gestión de una organización esta información suele ser muy específica y estar destinada para una pequeña minoría de trabajadores especializados en su interpretación. Sin embargo el lean manufacturing utiliza el control visual como medio para cambiar esta situación de forma que el complejo sistema de gestión del conocimiento se convierta en un sistema de gestión simple y transparente con información clara y concisa para toda la organización.

Estas técnicas de control visual servirán para mantener informada a todo el personal de forma rápida sobre cómo afecta su trabajo y esfuerzo a los resultados de la empresa así como para aumentar su implicación en el desarrollo de la actividad de la organización. [Sole, J [2013]].

Se podría definir un control visual como un estándar que se representa por medio de un elemento tipo gráfico o físico, de color o numérico y muy sencillo tanto de visualizar como de interpretar y aunque su campo de aplicación es amplísimo generalmente ayudaran a identificar todo aquello que no genera valor en el proceso o a mostrar los problemas que puedan surgir en el mismo. La eficacia de este método se basa principalmente en que en un vistazo rápido cualquier trabajador puede ser perfectamente consciente de lo que está pasando en la empresa en un momento determinado.

La tabla adjunta en la página siguiente (tabla 3) cuyo contenido es propiedad de Hernández Matías, J C y Vizán Idoipe, A en 2013 en su publicación “Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación” se muestran varios ejemplos de control visual.

EJEMPLOS DE CONTROL VISUAL	
Control visual de espacios y equipos:	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de espacios y equipos. • Identificación de actividades, recursos y productos. • Marcas sobre el suelo. • Marcas sobre técnicas y estándares. • Áreas de comunicación y descanso. • Información e instrucciones. • Limpieza
Documentación visual en el puesto de trabajo:	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos de organización: Hojas de instrucciones, estudios tiempos/movimientos, planificación del trabajo, autoinspección, recomendaciones de calidad, procedimientos de seguridad. • Recursos y tecnología: Instrucciones de operación y mantenimiento, cambios y ajustes, descripción de proceso y tecnologías. • Productos y materiales: Especificaciones del producto, listas de piezas, requerimientos de empaquetado, identificación de defectos comunes en materiales y productos.
Control visual de la producción:	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de producción. • Programa de mantenimiento. • Identificación de stocks. • Identificación de reprocesos. • Identificación de trabajos en proceso (cargas, retrasos...) • Indicadores de productividad.
Control visual de la calidad:	<ul style="list-style-type: none"> • Señales de monitorización de máquinas. • Control estadístico de proceso (SPC) • Registro de problemas.
Gestión de indicadores:	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos, resultados y diferencias de indicadores en el proceso. • Gestión de la mejora continua. • Actividades de mejoras. • Sugerencias. • Proyecto en marcha.

Tabla 3: Ejemplos de control visual. Fuente: Hernández, J.C y Vizán, A [2013]

Como se puede ver en la tabla anterior existen infinidad de formas de realizar el control visual en una organización dependiendo de las necesidades de la misma y ni todas las organizaciones tienen que necesitar todos ellos ni son los citados en la tabla todos los que se pueden usar (aunque sí los más habituales). A continuación, en la ilustración 12 se adjuntarán ejemplos gráficos de algunos de los controles visuales citados en la tabla 3 con el fin de que el concepto control visual quede totalmente claro.

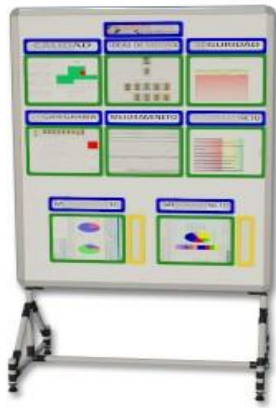


Ilustración 12: Ejemplos gráficos de gestión visual. Fuente: Romero, A.A [2015]

2.5.2. Grupo II

En este grupo se encontrarán las herramientas o técnicas lean cuya implementación necesita de un mayor cambio en la mentalidad de toda la organización así como un mayor compromiso con la filosofía lean.

Estarán en este grupo las siguientes:

- Jidoka
- Técnicas de calidad
- Sistemas de participación del personal (SPP)

2.5.2.1. *Jidoka*

No es la primera vez que se utiliza la palabra Jidoka en este proyecto fin de máster (Véase capítulos 2.2 y 2.3) puesto tal y como se ha dicho es uno de los pilares fundamentales de la casa del sistema de producción de Toyota. Sin embargo la finalidad de este capítulo será explicar ampliamente en que consiste y cuáles son sus ventajas.

Jidoka es un término japonés cuya traducción más aceptada es “automatización con un toque humano” y es una técnica lean basada en la incorporación de sistemas y dispositivos que otorgan a las máquinas la capacidad de detectar que se están produciendo errores y parar la línea (ya sea la propia maquina o el operario) impidiendo así que ese error siga avanzando en la línea de producción.

La detección por parte de la máquina de este error tiene dos grandes ventajas fundamentales:

- Cuando se produce una anomalía de los estándares marcados la máquina mediante un andon (alarma) avisa al operario de dicha anomalía. Esto permite detectar el error “in situ” en el momento que se ha producido evitando así que productos defectuosos continúen avanzando en la cadena productiva y evitando así seguir aplicándole al producto defectuoso operaciones innecesarias que solo generarían un gasto.
- Las anomalías son rápidamente detectadas y por lo tanto no se esconde el problema.
- El sistema permite separar al hombre de la máquina y poder un mismo operario encargarse de varias máquinas a la vez, volviendo siempre a la máquina que genere la alarma cuando esto pase.
- Los operarios se convierten en el mejor control de calidad del trabajo que realizan y de los productos que fabrican.
- Los productos defectuosos se reducen a cero o muy próximo a ese valor.

Hasta este momento se ha hablado de las maquinas automatizadas con un toque humano como el elemento más clásico del jidoka, pero no se puede olvidar mencionar en este apartado los sistemas poka-yoke como otra gran aportación de esta técnica.

Los poka-yoke no son más que unos dispositivos que evitan totalmente los errores producidos por fallo humano, existiendo dos tipos: de control o de alerta. En los pokayokes de control (ilustración 13) se diseña un sistema para evitar que el error ocurra, es decir que sea totalmente imposible realizar la operación si no es haciéndolo del modo correcto. En los de alarma (ilustración 14) se asume que el error puede llegar a producirse y por lo tanto se coloca algún sistema de alarma que avisa al operario de que se ha producido el error y por lo tanto debe de corregirlo antes de que el producto avance en la cadena de montaje.[Giraldo, M.A[2013]; pdcahome[2016]]

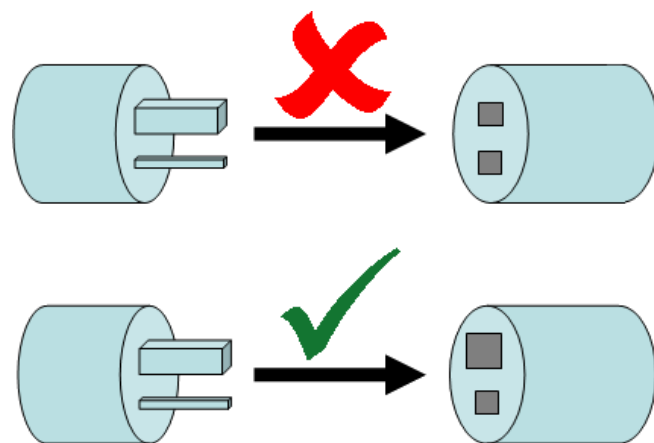


Ilustración 13: Poka-yoke de control. Fuente:pdcahome [2013]

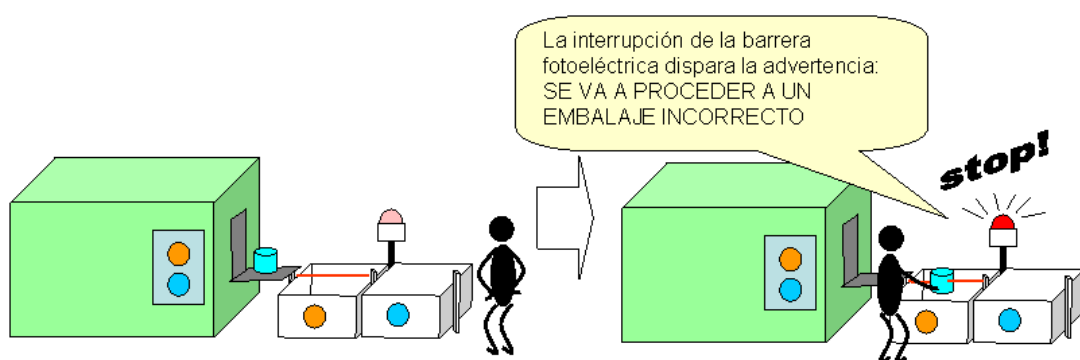


Ilustración 14: Poka-yoke de alarma. Fuente: Giraldo,M.A [2013]

2.5.2.2. Técnicas de calidad

En este apartado se englobarán una serie de técnicas lean cuya finalidad última será garantizar la calidad del producto, la eliminación de defectos y por lo tanto la satisfacción del cliente (ya sea interno y externo).

Con riesgo a parecer repetitivos parece importante recordar al lector que en términos lean el objetivo es hacer las cosas bien a la primera y continuar mejorando día a día sin poner límites a ese proceso de mejora. Citando a Robert Keans (Ingeniero estadounidense, inventor de los limpiaparabrisas intermitentes):

“En la carrera por la calidad no hay línea de meta”

Una de las principales novedades que ofrece el sistema lean en temas de calidad es que el propio operario se convierte en su propio auditor de calidad para localizar las anomalías o defectos producidos (Véase capítulo 2.5.2.1) lo cual facilita que ese defecto no avance en la cadena de montaje.

Tanto para dar soporte al operario en la detección de estas anomalías como para la difusión y solución de dichos problemas los sistemas lean manufacturing ofrecen diversas técnicas de calidad llamadas **técnicas de calidad TQM (Total Quality Management)** que serán explicadas en los siguientes apartados de este proyecto fin de máster.

LA MATRIZ DE AUTOCALIDAD (MAQ)

La matriz de autocalidad (MAQ) es una herramienta que da soporte a la calidad del proceso permitiendo visualizar tanto el lugar donde se producen los defectos cómo hasta quien llegan. Su empleo se fundamenta en el registro de los defectos producidos con el objetivo de lograr que estos sean detectados en el lugar donde se generan y no sigan avanzando en la cadena productiva. En la Tabla 4 se adjunta muestra un ejemplo de MAQ.

		FASE DONDE SE PRODUCE EL CONFLICTO							
		PROVEEDOR EXTERNO	PROVEEDOR INTERNO	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE N	TOTAL PPM
FASE DONDE SE DETECTA EL CONFLICTO	FASE 1								
	FASE 2								
	FASE 3								
								
	FASE N								
	CLIENTE INTERNO								
	CLIENTE EXTERNO								
	TOTAL PPM								
TOTAL PIEZAS PRODUCIDAS EN UN PERIODO								TOTAL PPM	

Tabla 4: Matriz de calidad MAQ. Fuente: Hernández, J.C y Vizán, A [2013]

El funcionamiento de esta matriz de calidad se base en colocar en las filas y en las columnas cada una de las etapas de las que consta un proceso productivo sin olvidar a los clientes y proveedores (ya sean internos o externos) y rellenar dicha matriz al final de cada turno con los datos obtenidos a través de “hojas de registro de defectos” que se han completado durante el turno de trabajo. El objetivo final será diagonalizar la matriz es decir que coincida la fase donde se detecta el conflicto con la fase donde se detecta.

Una vez introducidos los datos en la matriz MAQ, se elaborara un plan de acción para corregir cada tipo de defecto y si es posible eliminarlos. Por lo tanto en este proceso están implicados tanto como el operario sino el supervisor de la línea y el responsable de calidad.[

CICLO DE DEMING O PDCA

Una de las técnicas fundamentales a la hora de identificar y corregir los defectos es el ciclo de Deming (ilustración 15) del que ya se ha hablado con anterioridad en este TFM (Véase capítulo 2.4.3) así pues en este apartado sólo se añadirá una imagen a modo recordatorio de dicho ciclo y se explicará brevemente el concepto aplicado a la gestión de la calidad. [Quesada, G.[2005]].



Ilustración 15: Ciclo PDCA. Fuente: Quesada,G [2005]

Este ciclo es de gran utilidad a la hora de gestionar la calidad basándose en la mejora continua de procesos. Ante la localización de un defecto de calidad o anomalía el primer paso es plantificar que se va a hacer para intentar corregirlo valorando las mejores opciones disponibles, una vez escogida la mejor opción para intentar arreglar dicho problema se realizará y se verificara que las cosas han salido según lo planeado. Llegados a este punto hay dos opciones:

- **Las cosas han salido según lo previsto:** se asegurará lo conseguido mediante la estandarización y la formación de los trabajadores.
- **No se ha solucionado la anomalía:** Se volverá a valorar el problema y las soluciones propuestas y se volverá a hacer todo el proceso desde el principio buscando dar con la solución correcta.

OBJETIVO CERO DEFECTOS

El objetivo final de cualquier herramienta de calidad es la obtención de cero defectos en operarios, materiales, maquinas, métodos e información. En busca de esa perfección lo ideal sería desarrollar planes de acción que se basen en los siguientes puntos:

- Entrenamiento básico (personas)
- Entrenamiento en habilidades múltiples (personas)
- Control visual (información)
- Inspección preventiva (materiales)
- Mecanismos anti-error (máquinas y personas)
- Mantenimiento preventivo (máquinas)
- Producción en flujo (método)
- Operaciones estándares (método)
- Empleo de las 5S

2.5.2.3. Sistemas de participación del personal (SPP)

Los sistemas de participación del personal se definen como un conjunto de actividades que permiten canalizar eficientemente todas las iniciativas que puedan incrementar la productividad o la competitividad de una organización tomando como pilar fundamental la experiencia del personal y los problemas que encuentran en su día a día en la organización.

Aprovechar estos conocimientos del trabajador puede ser de gran ayuda para detectar problemas que podrían estar pasados desapercibidos o mejoras que desde la dirección podrían pasar totalmente inadvertidas. El trabajador es la persona que mejor conoce su puesto de trabajo y los problemas que le pueden surgir en el mismo puesto que pasa horas y horas de su vida haciendo esa labor. Los sistemas de participación de personal buscan aprovechar el muda que se conoce como creatividad desaprovechada o infrautilización de las personas, Muda que en muchos casos es considerado el peor de los mudas en los que puede incurrir una empresa

Aparentemente el concepto parece de gran sencillez, aprovechar los conocimientos del trabajador para que la organización mejore parece una misión fácil y con grandes beneficios sin necesidad de una inversión extra. Sin embargo lograr esta colaboración e implicación de los empleados no resulta una labor tan sencilla.

Quizá esto se deba a la poca importancia que se le daba en épocas pasadas al individuo dentro del sistema, o simplemente a que en muchos casos el operario acaba viendo sus

labores como un trabajo repetitivo que repite infinidad de veces durante su jornada laboral de forma metódica sin plantearse nada más que la llegada de la hora de salir, o incluso que el miedo a proponer algo y que sea considerado una “tontería” delante de sus superiores.

Para conseguir que los sistemas de participación del personal funcionen es necesario que el trabajador se encuentre seguro en su puesto de trabajo, que las condiciones de trabajo sean satisfactorias e inviten a emprender el camino de mejora, ofrecerle al trabajador formación tanto para su satisfacción personal como por los beneficios que esta formación extra puede ofrecer a la organización en un momento dado, fomentar la implicación de absolutamente todo el personal y que la comunicación entre las distintas jerarquías de la organización sea fluida y sin miedos.

Si se consigue cumplir todas o gran parte de las premisas enumeradas en el párrafo anterior es muy probable que los sistemas SPP funcionen correctamente y la organización logre beneficios rápidamente de su buen funcionamiento consiguiendo que sus trabajadores pasen de ser robots repetitivos a trabajadores pensantes.

Los sistemas de participación de personal más usados en un sistema lean son los **grupos de mejora** y los **sistemas de sugerencias**, aunque por supuesto no son los únicos ni tienen porque ser los que mejor funcionen en una organización en particular.[Rodríguez,J.[2013]].

GRUPOS DE MEJORA

Los grupos de mejora empleados en un entorno lean manufacturing se encargan de los proyectos de implantación, mejora y mantenimiento del sistema. A diferencia de las iniciativas más tradicionales de equipos para la resolución de problemas anteriores a la implantación lean, estos grupos se caracterizan por lo siguiente:

- Disponen de estructuras definidas de soporte operativo
- Utilizan la gestión visual como soporte al sistema
- La estructura del grupo se encuentra perfectamente jerarquizada y definida, con todos los procedimientos de comunicación y actividad perfectamente definidas.

Para clasificar estos grupos según sus actividades se suelen dividir en Equipos de mejora o equipos kaizen y grupos autónomos de producción (GAP).

Los equipos de mejora o Kaizen suelen ser equipos multidisciplinares formados por equipos de 6 a 8 personas que abordan la resolución de problemas específicos, el despliegue de nuevas técnicas lean y la eliminación de desperdicios. Sin embargo los grupos autónomos de producción suelen trabajar en un área determinada y su trabajo suele estar orientado a los procesos. En ambos grupos la mejora continua es el pilar fundamental en el que se fundamenta su trabajo.

PROGRAMAS DE SUGERENCIAS

Al igual que sucedía con los grupos de mejora los programas de sugerencias no deja de ser otra forma de aplicación de la metodología Kaizen pero en este caso aplicados de forma individual para aprovechar al máximo el potencial de los trabajadores.

Una sugerencia es cualquier apreciación que el trabajador proponga para mejorar o simplificar cualquier actividad o proceso y generalmente suponen un ahorro de recursos para la empresa en caso de que su aplicación sea viable. Estas sugerencias no tienen que afectar solamente al proceso productivo, sino que pueden suponer mejoras en cualquiera de las labores de la empresa.

Para que los programas de sugerencias sean efectivos debe existir un sistema de comunicación de sugerencias que sea fluido, programado y valorado por la organización para así evitar que dichas sugerencias no sean tomadas en cuenta y disminuya la motivación del trabajador.

2.5.3. Grupo III

Tal como se ha adelantado en la introducción al apartado 2.5 (Principales técnicas empleadas) en este grupo se tratarán técnicas más específicas que cambian la forma de planificar, programar y controlar los medios de producción y la cadena logística.

Tradicionalmente estas técnicas se desarrollaron primero en TOYOTA y se aplicaron de forma relativamente rápida en todo el sector del automóvil debido principalmente al éxito obtenido por TOYOTA con su producción en Just in time puesto que serán principalmente las técnicas englobadas en este grupo las que aseguren la producción siguiendo esta filosofía de producir lo que se necesita en el momento que se necesita. Sin embargo aunque tradicionalmente se empleaban en automoción actualmente los sectores que aplican dichas técnicas son mucho más amplios y variados.

Dentro de este grupo estarán el conjunto de técnicas que implican el **Heijunka** y el sistema **Kanban**.

2.5.3.1. Heijunka

Heijunka es una palabra japonesa que si descomponemos sus sílabas buscando una traducción literal de su significado sería algo así:

- **HEI:** plano
- **JUN:** nivel
- **KA:** transformación

Por lo tanto se podría traducir las técnicas Heijunka como técnicas que buscan la transformación en un nivel plano, que aplicado a la producción y buscando una traducción no tan literal del término pero si más usual y de mayor uso significaría “nivelado de la producción”.

El principio fundamental de esta técnica es no variar la producción según la demanda del cliente, sino basarse en ella para ajustar los volúmenes y secuencias de los productos a fabricar consiguiendo así evitar los despilfarros que se producen al fabricar grandes lotes del producto. Para conseguirlo se basa en la producción de lotes pequeños de productos y será imprescindible que el tiempo de cambio de útiles entre estos lotes sea pequeño para conseguir así una producción continua y eficiente asegurando así que el cliente reciba el producto cuando lo demanda en vez de tener que esperar a que se produzca el lote de gran tamaño completo.

Además si la nivelación de la producción es buena, la fábrica se adapta mejor a pequeñas variaciones que pueda experimentar la demanda consiguiendo así una mayor flexibilidad.

Para conseguir una buena aplicación del Heijunka y garantizar un flujo constante, un ritmo determinado y un trabajo estandarizado existen diversas técnicas lean que van a ser de gran utilidad en dicho aseguramiento:

- Células de trabajo
- Flujo continuo pieza a pieza
- Producción respecto a Takt time
- Nivelar la producción

CÉLULAS DE TRABAJO

Para conseguir crear un flujo continuo de trabajo, uno de los primeros pasos será asegurar que el flujo en la planta es el apropiado diseñando un layout orientado al producto.

Las estaciones de trabajo se situarán una al lado de la otra siguiendo el orden que el sistema productivo marque y el producto avanza de forma continua a lo largo de dichas células a medida que va siendo sometido a las distintas operaciones que se le aplicaran en cada una de estas células.

Estas células de trabajo tendrán forma de U (chaku-chaku) y en cada célula se agruparan las familias tecnológicas de forma que las piezas cuyos modos de fabricación presenten similitudes estarán todos dentro de la misma célula (Véase ilustración 16). Además esta disposición en U provoca que la entrada y la salida de la pieza se encuentren en la misma posición mientras que los trabajadores se encuentran trabajando en el interior de la misma pequeños lotes de producto. [Minaya, R [2013]; Hernández, J.C y Vizán, A [2013]].

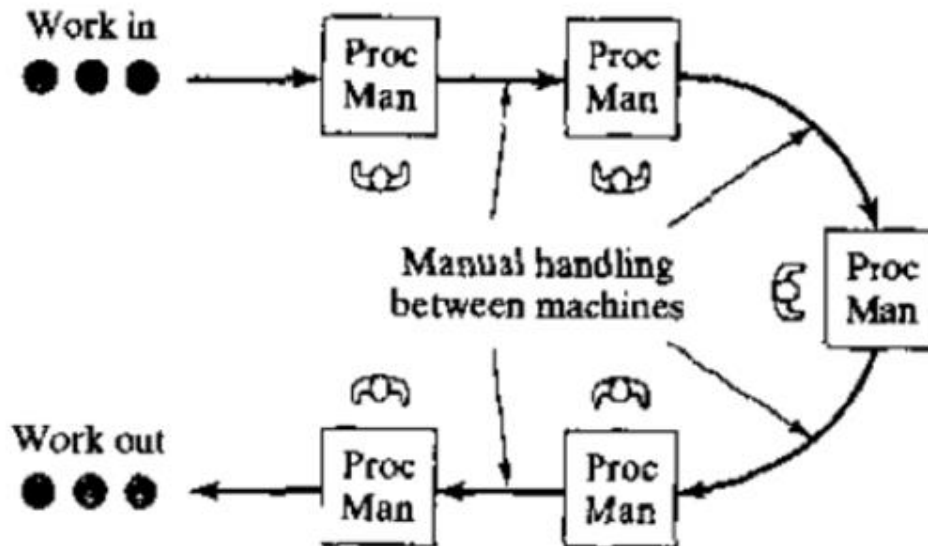


Ilustración 16: Fabricación en células de trabajo. Fuente: Universidad de Sonora [2013]

Las grandes ventajas que ofrece este sistema son las siguientes:

- Reducción de las distancias entre las distintas máquinas.
- Gran flexibilidad para adaptarse a los cambios de la demanda aumentando o disminuyendo el número de trabajadores por célula.
- Reduce la cantidad de producto en curso (permanecerá constante en dicha célula si el trabajador que carga el producto es el mismo que lo descarga al final de la línea).
- Facilita el control visual.
- Al estar cada célula diseñada para una familia de productos con características similares disminuye los tiempos de preparación de la maquinaria.
- Facilita la comunicación y la ayuda entre trabajadores.
- Aumenta flexibilidad de los trabajadores.

FLUJO CONTINUO PIEZA A PIEZA (ONE PIECE FLOW)

El concepto de flujo continuo se define habitualmente con una sencilla frase “mover uno, producir uno” y será la base de los sistemas pull, que como serán uno de los sistemas productivos que se pretenden que el participante en el juego que se va a diseñar aprenda.

Como su propio nombre indica el flujo es continuo, es decir la pieza nunca se detiene durante su fabricación y será siempre el cliente (interno o externo) el que mande la demanda de la misma. Es decir el material se entrega a la fase siguiente del proceso cuando este la necesite consiguiendo así reducir al mínimo el inventario de materias primas. En la ilustración 17, mostrada a continuación se puede ver un pequeño esquema de lo que supone una estrategia pull.



Ilustración 17: Fabricación Batch vs flujo continuo. Fuente: Palao, F [2012]

En la imagen anterior se ve claramente la diferencia entre el método tradicional de fabricación por grandes lotes y el sistema de flujo continuo. Las grandes ventajas que ofrece este último son las siguientes:

- Si existe un defecto se detecta al momento, sabiendo donde ocurre e identificando la causa raíz.
- Aumenta la productividad.
- Los plazos de entrega son mucho más cortos
- Aumenta la flexibilidad del proceso
- Se necesita menos inversión en materias primas y se obtiene rendimiento de forma más rápida.
- Se reducen los stocks y con ello los desperdicios

PRODUCIR RESPECTO AL TAKT TIME

El takt time se emplea para sincronizar el tiempo de producción con el de ventas, o lo que es lo mismo indica a qué ritmo se deben producir los productos para cumplir la demanda del cliente. Para calcularlo se emplea la siguiente fórmula:

$$takt\ time = \frac{tiempo\ operativo\ por\ periodo\ (seg)}{Demanda\ cliente\ por\ periodo\ (uds)}$$

Conociendo el Takt time con antelación, los responsables de cada departamento pueden preparar sus instalaciones, materiales y personal de forma que estén perfectamente preparados y organizados para esa demanda lo que provocará que se pueda llevar a cabo esa fabricación empleando el menor número de recursos productivos. [Palao,F. [2012]].

En un proceso pieza a pieza el mismo proceso nos puede indicar si se está cumpliendo el takt time programado de la siguiente forma:

- Si el proceso va más rápido de lo programado se producirá un exceso de fabricación y por lo tanto se generaran stocks innecesarios con el coste que ello conlleva.
- Si el proceso va más lento en alguna de sus fases se creará en alguna de las mismas un cuello de botella y será necesario producir durante más tiempo (se

necesitaran horas extras turnos adicionales) con el coste adicional que esto produce.

Ambas situaciones indican que existe alguna anomalía en el cumplimiento del takt time y deben ser causa de análisis y mejora. Para ello habrá que revisar en ambos casos los recursos dedicados son los necesarios y revisar la programación de las tareas. Es importante decir que si las razones de no cumplir el takt es por la distribución de los trabajadores, se podrá subsanar reconfigurando las tareas de cada fase (flexibilidad) o el número de trabajadores dedicados a ellas. Por el contrario si son las máquinas las que no alcanzan a cumplir dicho takt time operando a máxima capacidad la única solución será implantar otra máquina que opere en la paralelo a la actual, o la sustitución de la existente por una que si pueda cumplir el ritmo de producción deseado.

NIVELAR EL MIX Y EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN

Como ya se ha comentado en apartados anteriores la producción tradicional de grandes lotes le evita a la organización la realización de muchos cambios de útiles pero genera otros problemas como la necesidad de producir gran cantidad de stocks de producto terminado para satisfacer las demandas del cliente y un mayor inversión económica tanto por los recursos que supone fabricar ese stock como por los que supone su almacenamiento.

Además fabricando en lotes grandes no se cumplirían otras características lean como pueden ser los sistemas pull, el jit, o la minimización de desperdicios entre otras. Citando a Taichii Ohno el lean manufacturing consiste en “*producir más y más, con menos y menos*”.

Para poder cumplir dichas características y para asegurar que los clientes que deseen algo diferente a lo habitual o a lo que se está produciendo en un momento determinado puedan ser servidos con una mayor celeridad que cuando se produce en grandes lotes, la solución propuesta por la filosofía lean es producir nivelando el mix de la producción o lo que es lo mismo, trabajar produciendo pequeños lotes e incrementando el número de cambios (de ahí la gran importancia del SMED). Nivelando la producción no solo se obtienen los beneficios anteriormente citados sino que se evitan picos de producción y se consigue una producción más estable.

2.5.3.2. *Kanban*

El sistema kanban (tarjeta en japonés) es un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas, aunque pueden ser otro tipo de señales que indiquen la necesidad de transportar o producir determinada cantidad de un elemento. (véase ilustración 19).

El sistema se basa en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y estos proceden a producir solamente las piezas que se han retirado por el proceso posterior. Cada una de las tarjetas kanban dispondrá de información variada

(siempre teniendo en cuenta las necesidades del proceso) como puede ser el código de las piezas que contiene el contenedor al que van adjuntas, el número de piezas que tiene que contener, donde han sido retiradas, donde se usarán, etc. (ejemplo en ilustración 18)

Referencia:	0701-10540223
Descripción:	Torpedo Metálico 12F
Línea de Producción:	Línea A-2
Tipo de Contenedor:	Metálica 400x400mm
Cantidad Contenedor:	104
Ubicación Almacén:	Sección 1
Operación de Producción:	20
Descripción de Producción:	Taladrar 34,5mm
Ubicación:	C-5

Ilustración 18: ejemplo tarjeta Kanban. Fuente: Pérez, J [2012]

Existen dos tipos de tarjetas kanban, el **kanban de producción**, que indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior y el **kanban de transporte**, que indica qué y cuánto material se retirará del proceso anterior. [Pérez, J[2012]].

KANBAN

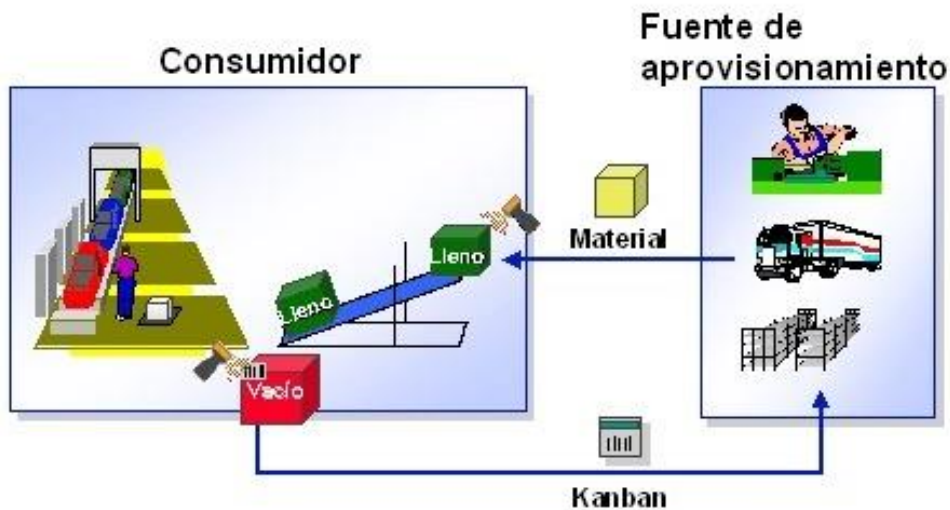


Ilustración 19: Funcionamiento del sistema Kanban. Fuente: Romero, A.A [2015]

3. APRENDER JUGANDO

En este capítulo se desarrollaran principalmente dos tendencias educativas (juego didáctico y gamificación) que aun sin ser especialmente novedosas se encuentran en auge actualmente debido a los cambios de enfoque a la hora de educar que ha sufrido la enseñanza en los últimos años. Ambas tendencias están íntimamente ligadas con el concepto “aprender jugando” aunque en el caso de la gamificación el fin último no tiene que ser educar necesaria ni únicamente.

Citando a Paz Prieto Martin en su estudio “Aplicación de la ludificación y las TIC a la enseñanza de español en un contexto universitario japonés” [Cuadernos Canela, vol XXV, 2014]

“Es de crucial importancia distinguir la ludificación del uso de juegos en el aula, pues se trata de distintas aplicaciones de lo lúdico. Por un lado encontramos el uso de juegos, que ha sido muy practicado o estudiado en el ámbito educativo [Labrador Piquer y Morote Magán, 2008; Lorente Fernández y Pizarro Carmona 2012], y por otro la ludificación, entendida como el uso sistemático de elementos de diseño de juegos (no de juegos en sí mismo) como estrategia integral curricular para la organización de una asignatura o un programa completo.”

Así pues en los siguientes capítulos se intentaran aclarar ambos conceptos y las principales diferencias entre ellos, así como su utilidad en el desarrollo de un proceso educativo y por consiguiente en este proyecto fin de máster. Se hablará también en este apartado de “Learning by doing” debido a la importancia que tendrá en el desarrollo del proyecto y por su íntima relación con los conceptos anteriores.

3.1. Juegos didácticos

Debido a que el objetivo de este trabajo fin de máster no es otro que desarrollar un juego didáctico para el aprendizaje y asimilación de diversos conceptos englobados dentro de la metodología LEAN MANUFACTURING (véanse capítulos 2.4 y 2.5), resulta casi inevitable desarrollar en este capítulo qué es un juego didáctico, sus características y los beneficios del mismo para el aprendizaje.

3.1.1. ¿Qué es un juego didáctico?

Existen diversas definiciones para la palabra juego variando enormemente dependiendo principalmente tanto del autor que se consulte como de la fecha de publicación de dicha definición. Así pues en este proyecto nos quedaremos con la definición propuesta por

la Real Academia Española (RAE) debido principalmente a la sencillez de la misma. Quizás para el lector a simple vista resulte extraña esta decisión, pero se ha tomado considerando que las definiciones de diversos autores poseen todas pequeños matices provocados por la opinión del propio autor o por la influencia de diversas corrientes de la psicología que en el caso de este proyecto resultan de poca o inexistente relevancia.

Por lo tanto a continuación se adjuntan las definiciones que la RAE ofrece de las palabras juego y didáctica (ilustración 20), cabe resaltar que en ambas definiciones se han excluido las acepciones que no se correspondían con el contexto con el que se está trabajando en este proyecto.

JUEGO:

- 1) *M. Acción y efecto de jugar*
- 2) *M. Ejercicio recreativo sometido a reglas y en el cuál se gana o se pierde.*
Ejemplo: juego de naipes, de ajedrez, de billar, de pelota...

DIDÁCTICO/A:

- 1) *Adj. Perteneciente o relativo a la enseñanza.*
- 2) *Adj. Propio, adecuado para enseñar o instruir.*
- 3) *Adj. Perteneciente o relativo a la didáctica.*
- 4) *F. arte de enseñar*

Ilustración 20: Definición de juego didáctico. Fuente: RAE [2016]

Teniendo en cuenta las definiciones anteriores se podría definir por lo tanto un juego didáctico como aquel ejercicio recreativo cuyo fin final es enseñar o instruir a los jugadores que en él participan.

3.1.2. Importancia del juego didáctico

Aunque cada vez se le da más importancia a los juegos didácticos como forma de aprendizaje y parezca un concepto relativamente nuevo no podemos olvidar que Pensadores clásicos como Platón o Aristóteles ya daban una gran importancia al aprender jugando y animaban a los padres para que dieran a sus hijos juguetes que ayudaran a formar sus mentes para actividades futuras como adultos ya que consideraban que a través del juego se daban las condiciones naturales propicias para desarrollar el conocimiento. Platón realizará esas reflexiones principalmente en su vejez en su obra “Las leyes” [Editorial Gredos. Madrid 2015] mientras que Aristóteles realiza diversas referencias el tema a lo largo de toda su obra [Ruz, I, 2002].

En la sociedad actual resulta habitual que desde muy temprana edad el niño sea estimulado a través de juegos didácticos para aprender conocimientos básicos para su desarrollo (formas, colores, números, psicomotricidad...) pero a medida que el niño crece también aumentara exponencialmente la dificultad del juego puesto que aumenta también la complejidad de lo que se desea enseñar a través del mismo. En la imagen siguiente (ilustración 21) se puede observar un ejemplo de los juegos didácticos utilizados con bebés de temprana edad.



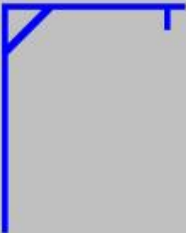

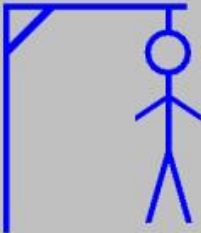
Ilustración 21: Juegos didácticos edad infantil.

El carácter didáctico de los juegos no solamente se encuentra presente en los juegos tangibles físicamente (como los mostrados en la imagen anterior) sino que puede ser algo mucho menos físico pero igualmente eficaz en su finalidad de enseñar cómo pueden ser cierto tipo de canciones infantiles o incluso los juegos de rol. En todos estos casos no hace falta un soporte físico que sustente el juego pero la finalidad de formar al jugador puede estar presente en todos ellos. Por supuesto ni todas las canciones educan ni todos los juegos de rol enseñan. Tiene que existir en ellos el fin didáctico, por supuesto no es lo mismo que el jugador cante una canción del grupo de moda a que aprenda las partes del cuerpo en inglés por ejemplo con la conocida canción *"Head, shoulders, knees and toes"*.

Actualmente con el aumento del uso de las nuevas tecnologías y gracias a la asimilación de su uso por niños cada vez en edades más tempranas, en edades como la educación primaria se pueden encontrar infinidad de juegos didácticos que pueden usar tanto en el aula como en la propia casa del niño. Dichos juegos pueden pretender enseñar al niño conocimientos nuevos o simplemente afianzar conocimientos ya adquiridos. A continuación se adjuntan unas capturas de un juego didáctico destinado para aprender y poner a prueba conocimientos de física y química. (Ilustración 22)

FyQ AHORCADO ELEMENTOS

FyQ AHORCADO

COMENZAR

INSTRUCCIONES.

El programa propondrá aleatoriamente una palabra y pistas sobre la misma.

A continuación, el jugador, deberá introducir las letras que piense que contiene la palabra, sin utilizar espacios en blanco. También podrá pedir pistas (hasta tres) y tiempo extra (hasta tres veces, 20 segundos cada vez).

Se parte de una puntuación de 1000 puntos, que irá disminuyendo cuando se produzca algunas de las siguientes circunstancias: cuando la letra elegida no esté contenida en la palabra a acertar, cuando se repitan las letras introducidas, y cuando se soliciten pistas o tiempo extra.

El juego termina cuando se acierte la palabra (gana el jugador), cuando se introduzcan seis letras no contenidas en la palabra, se repita más de tres veces la letra introducida o finalice el tiempo (gana el ordenador).

SONIDO **ACTIVADO** TIEMPO 60

FyQ AHORCADO ELEMENTOS

54 **FyQ AHORCADO** **54**

INSTRUCCIONES **INICIO**

INTRODUCIR LETRA **CONFIRMAR**

PISTA 1 **TIEMPO 1**

MARCADOR
 ACIERTOS: 0
 FALLOS: 0
 REPETICIONES: 0
 PISTAS: 0
 TIEMPOS EXTRA: 0
 TIEMPO: 54
 PUNTUACIÓN: 1000

1000

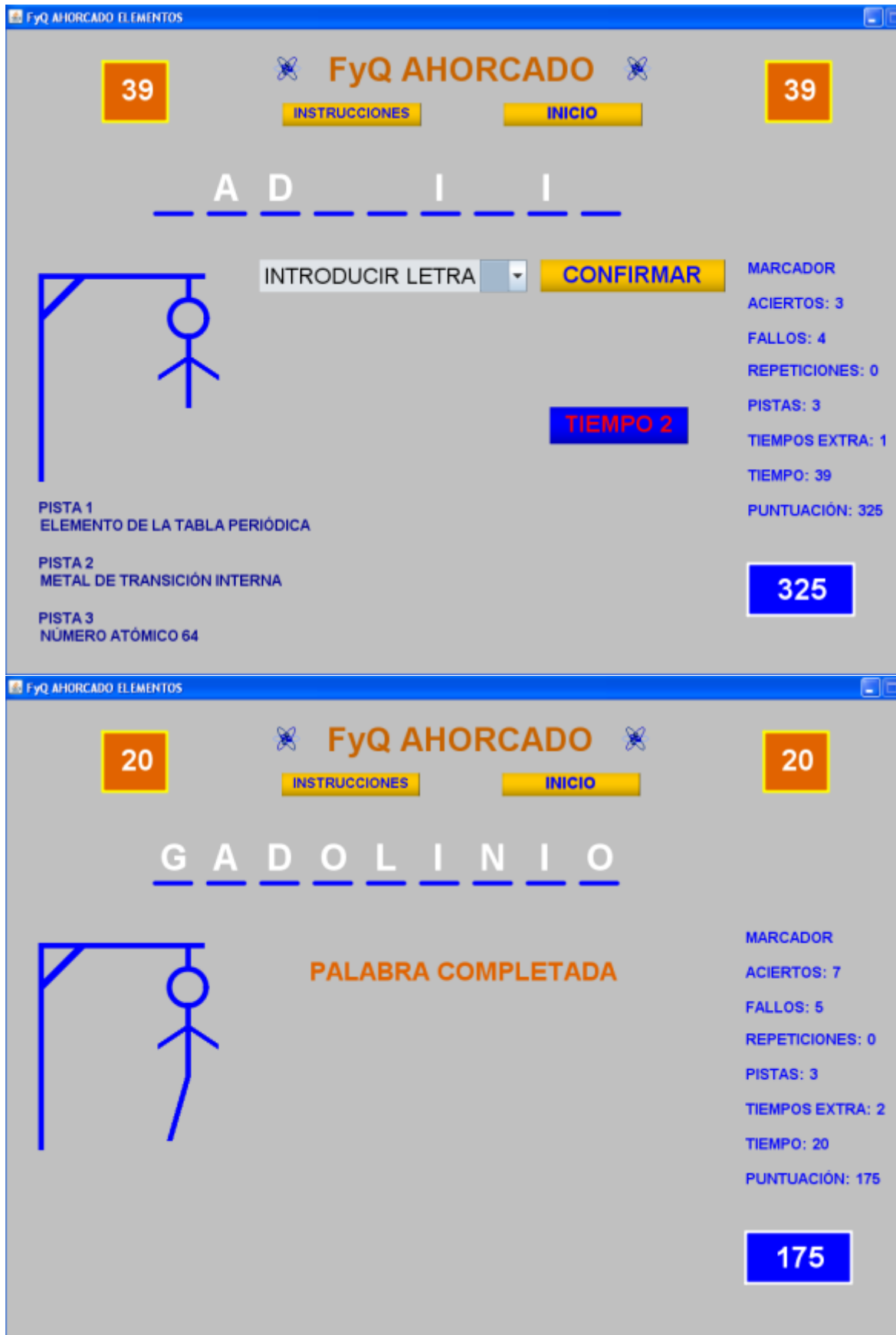


Ilustración 22: Juego didáctico física y química. Fuente: Proyecto Newton [2016]

Sin embargo en la mayoría de los casos a medida que el niño crece ese carácter didáctico va perdiendo presencia en los juegos dejando paso a la vertiente más lúdica del juego propiamente dicha. Esto se manifiesta también en la educación pues a medida que aumenta el nivel de la formación la presencia de juegos didácticos tiende a disminuir.

La gran ventaja que ofrece este tipo de aprendizaje es que provoca que el alumno aprenda con facilidad porque tiene mayor predisposición para recibir los conocimientos que pretende transmitirles dicha actividad lúdica puesto que se dedican a ella con placer, lo cual aumenta su concentración en la misma y asimila mayor cantidad de conocimientos que los que recordaría después de una clase magistral tradicional. Además a medida que aumenta la edad y formación del jugador ya ni siquiera es necesario que sea “todo juego” sino que se pueden combinar el juego propiamente dicho con distintas actividades destinadas al aprendizaje como pueden ser foros, debates, dramatizaciones, etc.

3.1.3. Características de los juegos didácticos

Para que un juego didáctico funcione como tal es necesario que esté dotado de ciertas características para que el juego cumpla su finalidad. No sólo es necesario que el juego tenga la finalidad de enseñar sino que es imprescindible que lo logre y para ello tiene que conseguir que los jugadores se impliquen en el mismo. Para ello después de consultar diversas clasificaciones de las características que debe de tener un juego didáctico para que funcione como tal se ha decidido optar por utilizar en este TFM la siguiente [Chacón, 2008]:

- Debe de tener **intención didáctica**, es decir su fin último debe de ser transmitir al jugador un conocimiento o habilidad.
- Tienen que poseer un **objetivo didáctico** bien delimitado, así pues mientras la intención didáctica muestra el deseo de enseñar a través del juego, el objetivo didáctico es el que muestra qué conocimiento o aptitud concreta se quiere enseñar a través del juego.
- Las **reglas, limitaciones y condiciones** deben de existir, ser claras, estar estipuladas antes del comienzo de la actividad lúdica y ser conocidas tanto por la persona que guie el juego como por los jugadores. Esto garantizará por un lado que el juego se desarrolle siguiendo el camino para el cual ha sido diseñado y por lo tanto garantizará el cumplimiento del objetivo didáctico. Además en caso de problemas durante el periodo de juego estas reglas y limitaciones servirán para solventarlos.
- El **número de jugadores** debe de estar estipulado de antemano y en caso de que el juego admita variaciones según el número de personas que jueguen, será necesario que estas variaciones en el modo de juego sean conocidas y se encuentren explicadas en algún lugar. Tengamos en cuenta que un juego puede funcionar muy bien para un número determinado de personas y que sin embargo sea irrealizable si varía esa cantidad o incluso aun siendo jugable puede que esa variación en el número de jugadores provoque una disminución de la diversión debido a diversos motivos (ralentización del juego, problemas

de organización, etc.) y por lo tanto se provoque también una falta de interés por parte de los jugadores que acabe provocando una disminución de los conocimientos adquiridos al final del juego.

- **Edad específica.** Muchos autores clasifican los juegos atendiendo a la edad de la siguiente forma: juegos para niños, para jóvenes y para adultos. Esta clasificación es de vital importancia porque resultara imposible conseguir llevar a cabo el objetivo didáctico tanto si los jugadores no poseen la edad estipulada para el desarrollo del juego. Por ejemplo si se diseña un juego para jóvenes con el fin de transmitirles algún conocimiento adecuado para su edad, si los jugadores fuesen niños resultaría un juego demasiado complicado para su edad y sería imposible lograr el objetivo didáctico para el que fue diseñado. Por el contrario, si los que jugasen al juego fuesen adultos es probable que el conocimiento ya lo tuviesen adquirido con anterioridad y en caso contrario es probable que aun pudiendo lograr enseñárselo a través del juego, este resultase aburrido para jugadores de esa edad y por lo tanto su capacidad de atención se vería mermada viéndose a su vez también reducida su capacidad para adquirir conocimientos.
- **Diversión.** De igual forma que sucede en los juegos tradicionales si este resulta aburrido el jugador es probable que decida no seguir jugando o que disminuya su atención en el mismo. En el caso de los juegos didácticos estas reacciones provocarían que fuese imposible conseguir adquirir conocimientos, o al menos adquirir todos los conocimientos que se pretendían transmitir en el diseño del juego.
- **Tensión, trabajo en equipo y competición.** Son de gran ayuda para conseguir la diversión citada en el párrafo anterior y además fomentan también la atención, la participación activa y por lo tanto el aprendizaje durante la realización de la actividad.

A su vez es importante destacar que tanto durante el diseño de un juego de estas características como durante el propio momento de juego es importante no perder de vista las siguientes cuestiones:

- ¿**Por qué** ese aprendizaje?
- ¿**Para qué** sirve?
- ¿**Qué** se quiere enseñar a través del juego?
- ¿**Con qué** recursos se cuenta?
- ¿**Cómo** se va a desarrollar el proceso de aprendizaje?
- ¿**Cuándo** se va a realizar el aprendizaje?
- ¿**Dónde** se va a jugar?

Como se puede ver estas preguntas que debe hacerse tanto el diseñador del juego como la persona encargada de dirigirlo durante la sesión educativa tienen gran relación con las técnicas empleadas en el LEAN MANUFACTURING (véase capítulo 2 para más información).

3.1.4. Clasificación

Tal y como sucedía en el capítulo 3.2.1 con las definiciones de juego didáctico, a la hora de hacer una clasificación de los mismos existen también infinidad de clasificaciones según el autor consultado, la época en la que se da la definición, la profesión o incluso las preferencias personales del autor. Por este motivo en este capítulo se ha decidido mostrar solamente dos clasificaciones puesto que se ha considerado que el conjunto de ambas mostraban una clasificación clara de los principales tipos de juego existentes y a su vez exponiendo las dos clasificaciones quedaban expuestas en este TFM las principales clasificaciones consultadas.

Una vez explicado estos matices respecto a las clasificaciones y habiendo aclarado que la clasificación de los juegos didácticos no es una cuestión estandarizada ni unificada entre los autores consultados, la primera clasificación se mostrará a continuación y fue dada por YVERN A. en 1998 (*¿A qué jugamos?*. Buenos Aires. Bonum. La clasificación de este autor se puede resumir de tal y como se muestra en la tabla 5:

CLASIFICACIÓN DE LOS JUEGOS DIDÁCTICOS	
Características a tener en cuenta	Clasificación
Número de jugadores	Individuales
	Colectivos
Cultura	Tradicionales
	Adaptados
Director de juego	Dirigidos
	Libres
Edad	Niños
	Jóvenes
	Adultos
Discriminación de las formas	De engranaje
	Rompecabezas
Probabilidades para ganar	De azar
	De razonamiento lógico

Tabla 5: Clasificación de los juegos didácticos Fuente: Yvern,A [1998]

Teniendo en cuenta la clasificación anterior se podría decir que la clasificación utilizada por YVERN resulta bastante completa y de gran utilidad tanto para clasificar un juego didáctico como cualquier otro que carezca de finalidad didáctica. Debido a esto se ha decidido añadir también en este TFM una clasificación bastante extendida a la hora de clasificar los juegos didácticos, si bien no es tan precisa como la anterior sí que se emplea solamente en caso de los juegos didácticos. Así pues resulta bastante extendida y aceptada en el caso de juegos cuyo fin último sea enseñar la siguiente clasificación [Ortiz, 2009]:

- Juegos para el desarrollo de habilidades
- Juegos para la consolidación de conocimientos

- Juegos para el fortalecimiento de los valores de competencia ciudadana

Con estas tres categorías debería quedar perfectamente definido cualquier juego didáctico, aunque es importante destacar que un mismo juego no tiene que estar englobado en una sola de las mismas. Es decir, por poner un ejemplo un mismo juego podría desarrollar habilidades y a su vez consolidar conocimientos.

3.2. Gamificación o ludificación

En un capítulo dedicado a los juegos didácticos resulta casi imprescindible dedicarle un apartado a la gamificación (también conocida como ludificación) debido a la íntima relación que existe entre ambos conceptos y al auge que están sufriendo las técnicas de gamificación en los últimos años debido principalmente al aumento de uso y de popularidad de las nuevas tecnologías.

Citando a Llagostera [2012] en su publicación “ON GAMIFICATION AND PERSUASION” el término “ gamificación” tiene una inclusión en el mundo anglófono relativamente reciente, introduciéndose en el año 2008 pero popularizándose desde el año 2010. Una vez aclarado esto parece imprescindible dar una definición sobre qué es y para que se emplea la gamificación. Este concepto se podría definir como el proceso a través del cual se convierte una actividad a priori aburrida o monótona en otra con algún nuevo aliciente que nos motive a participar en ella. Para lograr esta transformación en el enfoque de la actividad lo que se debe intentar es transformarla o modificarla para conseguir obtener los alicientes necesarios para que su desarrollo sea más gratificante. La forma más habitual de conseguir esa transformación no es otra que empleando técnicas, elementos o dinámicas propias de los juegos tradicionales. Al inculcarle este carácter lúdico a la actividad se consigue generar un mayor interés o motivación en el desarrollo de la misma.

De la inclusión de estos elementos lúdicos procede el nombre de la misma aunque a diferencia con lo que ocurre en los juegos didácticos el fin último no tiene que ser educar o formar sino que se puede añadir este carácter lúdico a la actividad con el fin de lograr otras metas como puede ser fidelizar clientes, recompensar un trabajo, motivar al participante, etc. Actualmente en la vida cotidiana de cualquier persona se encuentran numerosos ejemplos de procesos de gamificación, siendo quizás los más comunes los empleados por empresas de distintos ámbitos principalmente con fines comerciales, de fidelización o incluso como estrategia de marketing. Como ejemplo claro de este tipo de gamificación resulta casi obligatorio citar ejemplos como pueden ser la acumulación de puntos por viaje que luego se pueden cambiar por descuentos o por otros viajes que utilizan muchas empresas de transporte (principalmente avión y ferrocarril) o los beneficios que ofrecen numerosas empresas de telefonía a medida que aumenta el consumo o el tiempo que acumula el cliente en la compañía.

Pero aunque los anteriores ejemplos de fidelización de clientes sean probablemente los más empleados por las compañías, tal y como se ha dicho al principio de este capítulo con

el aumento del uso de las nuevas tecnologías también ha aumentado el uso de la gamificación de manera proporcional. Así pues resulta de lo más habitual que a la hora de comentar en foros de diversos temas el internauta vaya subiendo de rango según el número de participaciones, recibiendo en algunos casos trofeos o medallas virtuales por ese ascenso. Existen también numerosas aplicaciones empleadas tanto en las redes sociales o incluso como apps en teléfonos móviles o tablets, que premian la fidelidad del cliente si accede a las mismas todos los días, si invita a sus conocidos a usarlas o si comparte en internet que está usando dicha aplicación. Esto fomenta la fidelidad del usuario, la competitividad con otros usuarios y supone para la empresa creadora una nueva forma de publicidad a través de la cual llega a millones de usuarios con un coste mínimo. Este sistema resulta especialmente interesante puesto que el usuario en pocos casos es realmente consciente de la dependencia que generan esos premios ni mucho menos de la gran labor comercial que acaba haciendo compartiendo los mismos en redes sociales o con sus amigos. Además como en muchos casos resulta tan sencillo como hacer un solo “click” parece que esa sencillez encubre todo lo que puede haber detrás.

Ese proceso de gamificación puede estar diseñado simplemente para incitar al consumo, por poner un ejemplo el distribuidor asiático aliexpress utiliza en numerosas ocasiones para eventos puntuales como puede ser el once de noviembre (día del soltero en china) o para sus aniversarios campañas en las cuales jugando a sencillos juegos el cliente puede ir acumulando puntos que luego se cambiarán por cupones para descontar en sus compras en fechas concretas , y que para poder usar tendrá que realizar una compra con un valor mínimo. Es decir la adquisición de estos cupones resulta totalmente gratuita para el cliente e incluso divertida pero para poder canjear un cupón de por ejemplo 5 euros el distribuidor se asegura de que realice una compra mínima de 20 euros, lo cual puede provocar que el cliente acabe adquiriendo objetos que inicialmente no necesitaba pero que gracias al cupón que ha conseguido jugando resultan más tentadores.

Todos los ejemplos anteriores resultan un gran ejemplo de que juego didáctico y proceso de gamificación no son conceptos que tengan que ir unidos necesariamente, pues como se puede ver en dichos ejemplos existe gamificación pero no finalidad didáctica en los mismos. Sin embargo si es cierto que en muchos casos ambos conceptos van unidos, de hecho en cualquier juego didáctico existe gamificación puesto que su finalidad es enseñar de la forma más amena posible y buscando la mayor atención posible por parte del jugador, o lo que es lo mismo citando la definición dada de ludificación a principio de este capítulo:

“Convertir una actividad a priori aburrida o monótona (la enseñanza) en otra con algún nuevo aliciente que nos motive a participar en ella”

3.2.1. La gamificación en la educación

Aunque el término gamificación es un concepto relativamente reciente, técnicas de gamificación propiamente dichas se llevan usando en la educación desde hace mucho tiempo. Algo tan simple como dar puntos positivos al alumno por buen comportamiento o por entregar tareas a tiempo se trata de un tipo de gamificación puro, aunque es probable que el docente que las emplease años atrás no conociese el concepto sino que lo usase por los resultados de participación y aprendizaje que este método conseguía en los alumnos.

En la siguiente imagen (ilustración 23) se puede observar los principales pilares en los que se sustenta la ludificación y que provocan que esta sea tan efectiva en la educación.



Ilustración 23: Bases de la gamificación. Fuente: Gaitán, V [2013]

Tal y como muestra la imagen las razones fundamentales porque la ludificación funciona tan bien es porque el alumno participa activamente debido a que al ser asumido como un juego del que se obtiene una recompensa (ya sea real o ficticia) el proceso de aprendizaje no se asume como algo aburrido o como una obligación sino como algo de lo que se puede sacar un beneficio claro. En la imagen también se puede observar que un alumno puede participar en el proceso buscando uno o varios de los “premios” que muestra la imagen.

Imaginemos por ejemplo imaginemos que el profesor propone como actividad un foro con preguntas avanzadas sobre el temario y que cada respuesta en el foro correcta va dando puntos, ascendiendo en la categoría que tiene el alumno en el foro (pongamos por ejemplo que el participante puede ascender desde novato a experto en el tema, existiendo categorías intermedias entre ambas) y que los participantes que más respuestas correctas hayan escrito tienen una puntuación de medio punto más en el examen final de la asignatura. La siguiente pregunta que debemos hacernos es ¿Por qué participa el alumno en esa actividad voluntaria? ¿Será por el medio punto extra? ¿Por competir con sus compañeros de clase y ser el mejor en

el tema? ¿Por conseguir el estatus de experto? ¿Por satisfacción personal? Parece obvio que no existe una respuesta única puesto que cada participante en el foro podría hacerlo por un motivo distinto o quizás por todos los motivos a la vez. Se puede sacar la conclusión por lo tanto que aunque los motivos de participación sean totalmente distintos, el docente a través de la actividad consigue mayor participación e implicación en su actividad y por lo tanto es casi seguro que conseguirá también mayor adquisición de conocimientos por parte de sus alumnos que si emplease el método tradicional o una simple clase magistral.

En el ejemplo anterior se han citado diversos tipos de recompensa que el alumno podría recibir por su participación en esa actividad (a mayores del conocimiento adquirido durante su realización) así que parece casi inevitable citar en este capítulo las recompensas más habituales que suelen emplearse en este tipo de educación. Por lo tanto a continuación se enumeran y explican sus principales características. Para que esta clasificación sea lo más clara posible se intentaran relacionar estos “premios” con el ejemplo anterior del foro de preguntas.

- **Acumulación de puntos:** Se asigna un valor cuantitativo a determinadas acciones y se van acumulando puntos a medidas que se realizan. En el ejemplo del foro podrían ser puntos dados por el profesor por cada respuesta correcta dada en el mismo, o simplemente puntos por participar en el mismo. Por lo tanto el número de puntos sería directamente proporcional a cualquiera de estas dos variables según el docente hubiese estipulado.
- **Escalado de niveles:** Se definen una serie de niveles que el usuario debe ir superando para llegar al siguiente. En el ejemplo anterior, sería el paso de novato a experto (con niveles intermedios) a medida que el participante resolviese cuestiones de modo satisfactorio.
- **Obtención de premios:** A medida que se consiguen diferentes objetivos se van entregando premios a modo de colección. El mejor ejemplo para relacionarlo con el foro de cuestiones, sería que el docente entregase un trofeo o medalla virtual por un valor estipulado con anterioridad de respuestas correctas o que incluso durante el escalado de niveles cada nivel se asociase con un premio.
- **Regalos:** Regalos que se dan al jugador o jugadores de forma gratuita al conseguir un objetivo. Sería el medio punto extra para el examen final que el caso ficticio que hemos planteado.
- **Clasificaciones:** Clasificar a los usuarios en función de puntos u objetivos logrados, destacando los mejores en una lista o ranking. Si se han realizado las bonificaciones anteriormente citadas, solo quedaría realizar la clasificación correspondiente según número de respuestas acertadas o participaciones en el foro. Realizar esta clasificación podría suponer un reto extra para los participantes fomentando la competición entre ellos.
- **Desafíos:** Competiciones entre los usuarios, el mejor obtiene los puntos o el premio. Este desafío puede lograrse gracias a desafíos propuestos en el foro como las cuestiones propiamente dichas o se podría hablar incluso de un desafío personal para el jugador o jugadores.
- **Misiones o retos:** Conseguir resolver o superar un reto u objetivo planteado, ya sea solo o en equipo.

3.3. Learning by doing

El learning by doing es una reciente tendencia educativa que como su propio nombre indica que se aprende haciendo. Esta corriente se basa en intentar que el aprendizaje en escuelas o empresas se parezca lo más posible al aprendizaje natural que tanto el ser humano como los animales adquieren realizando acciones, aprendiendo de los errores cometidos o razonando como ponerle solución a los mismos.

Citando a Robert Schank durante su ponencia en el VII encuentro internacional de Educación realizado por la fundación telefónica (2013) una inminencia en el tema y uno de los máximos defensores del concepto *“El aprendizaje ocurre cuando alguien quiere aprender, no cuando alguien quiere enseñar”*. Así pues en esta nueva corriente el aprendizaje depende más del alumno que del docente, cuyo papel se restringe al de un mero facilitador del aprendizaje facilitando al alumno el desarrollo de una serie de destrezas y habilidades como pueden ser la toma de decisiones o el pensamiento creativo. Para conseguir que esta técnica funcione es imprescindible que el docente genere situaciones que resulten interesantes para los participantes y que les motiven a participar, aprender e investigar. Para conseguir que funcione es imprescindible que los recursos didácticos empleados sean variados (textos, medios audiovisuales, juegos de rol, juegos didácticos) en los que los alumnos puedan poner en práctica sus conocimientos y a ellos mismos. El ejemplo más usado por los defensores de esta tendencia quizá sea el montar en bicicleta o patinar, no se aprende leyendo sobre el tema o recibiendo clases teóricas al respecto, es necesario probar, caerse, levantarse y volver a probar hasta conseguir dominarlo.

Para defender esta teoría basada en que cómo más se aprende es haciendo, se mostrarán en este apartado dos pirámides de aprendizaje creadas respectivamente por Cody Blair (ilustración 24) y Edgar Dale (ilustración 25) investigadores reputados en el tema que se está tratando. Ambas pirámides se basan en lo que una persona puede aprender y retener según el método que se esté empleando para ello, aunque los periodos de tiempo en los que examinan el aprendizaje son ligeramente distintos. En el caso de Cody Blair examina el proceso de aprendizaje a las 24 horas de ser enseñado, mientras que Edgar Dale lo pone a prueba dos semanas después de haber sido aprendido.

En la imagen siguiente podemos observar ambas pirámides y la diferencia que hacen entre un alumno pasivo y activo en función de los sentidos que este empleando para afrontar esa labor de aprendizaje. Teniendo en cuenta esto se puede observar como a medida que aumenta el número de sentidos que está utilizando aumenta su implicación en el proceso y por lo tanto lo hace también el conocimiento adquirido.

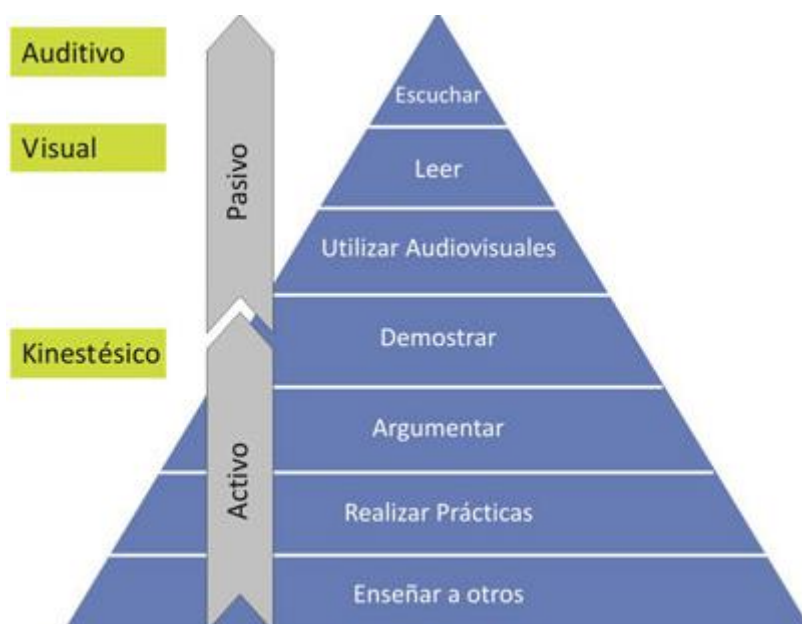


Ilustración 24: Pirámide del aprendizaje de Cody Blair. Fuente:



Ilustración 25: Pirámide de aprendizaje de Edgar Dale. Fuente: Vidal [2007]

La distribución de ambas pirámides de aprendizaje se basa que en la cúspide de las mismas se encuentran las actividades con las que el alumno aprenderá menos y a medida que se desciende hacia la base irá aumentando el conocimiento adquirido con la actividad.

Resulta especialmente simbólico que en ambas cúspides se encuentre escuchar al profesor, es decir la clásica clase magistral tan habitual en el sistema educativo. Robert Schank en una entrevista con Eduard Punset para el programa de televisión española “redes” dejaba claro que aunque las clases magistrales fuesen de gran utilidad en el pasado, el contexto de la

educación ha cambiado mucho desde los primeros educadores mientras que el sistema no ha cambiado demasiado. El ejemplo usado por Schank se basa en que en el año 1500 un monje era el encargado de leer y educar puesto que en la mayoría de los casos los receptores de sus lecturas nunca podrían leer ese texto por ellos mismos y por lo tanto era la mejor forma de transmitir el conocimiento.

Sin embargo en la situación actual en la que la lectura ya no es un lujo al alcance de solo unos privilegiados se puede observar claramente en las pirámides que no es el mejor método para recordar lo aprendido. Escuchando, el alumno solamente pone en funcionamiento el oído debido a que poco tiene que participar en esa actividad. Lo mismo ocurre con la lectura, en la que el alumno logra retener más cosas debido a que es una actividad que realiza el y no otra persona, pero en las que su actividad es casi pasiva.

Esto no implica que ambas actividades no sean útiles para la educación y deban ser eliminadas de la misma, sino que sería importante combinarlas con otro tipo de actividades, como debates, cuestionarios o mapas conceptuales que el alumno deba realizar para que ponga en marcha otros sentidos y recuerde mayor cantidad de cosas de lo que ha leído o escuchado.

Si se desciende en las pirámides, se ve claramente como al ir aumentando los sentidos implicados en el proceso aumenta el aprendizaje, por ejemplo el si la clase magistral del ejemplo de antes se da acompañada de elementos visuales, el alumno al no solo escuchar sino también ver verá como obtiene mejores resultados de esa clase.

En la base de la pirámide se observan las actividades con las que más se aprende y se fija el conocimiento, estando en los dos últimos escalones realizar prácticas sobre el tema o enseñar a otros. Esto se debe a que el alumno participará activamente de ambos procesos teniendo la necesidad de implicarse totalmente en la situación si desea que el resultado sea satisfactorio. Además en el caso de enseñar una materia a otra persona, aparte de implicarse necesita entender perfectamente la materia y buscar los mejores ejemplos prácticos para que la otra persona lo entienda poniendo para ello todos los sentidos y conocimientos en funcionamiento.

3.4. The Lego flow game

Actualmente existen infinidad de juegos didácticos tanto de forma física como en forma virtual, y por lo tanto numerosos proyectos y juegos en fase beta disponibles. Como ya se ha dicho anteriormente con la existencia de las nuevas tecnologías e internet las opciones en cuanto a juegos didácticos se refiere son infinitas.

A la hora de elegir un juego para desarrollar este TFM las opciones eran varias y variopintas, por lo tanto a la hora de realizar una primera criba de los requisitos que debía cumplir el juego elegido se pidió que cumpliera las siguientes características:

- Tener un carácter didáctico claro

- Que el objetivo del mismo fuese enseñar algo relacionado con el ámbito de la logística.
- Tener relación con los contenidos cursados durante el máster
- Realización física factible con los medios disponibles
- Jugabilidad sencilla y relativamente rápida
- Posibilidad de jugarse en cualquier aula sin necesidad de una infraestructura complicada
- Generación de debate postjuego
- Posibilidad de modificaciones de juego

Teniendo en cuenta esto, después de consultar numerosas páginas web especializadas en las cuales se proponían numerosos juegos didácticos relacionadas con la logística se ha escogido **“THE LEGO FLOW GAME”** como el juego a desarrollar por cumplir todas las características anteriormente citadas y por considerar que su forma de juego resultaba muy jugable y con infinidad de posibilidades de modificación según cuales sean las bases **“LEAN”** que se quieran enseñar a través del mismo. Incluso aunque el juego este diseñado inicialmente para explicar los distintos tipos de flujo productivo habituales, sin realizar demasiadas modificaciones en el mismo se espera que el debate entre jugadores después del mismo, se pongan de manifiesto otras teorías **LEAN MANUFACTURING** como mejoras para una próxima partida o para una nueva versión del juego.

A continuación se realizará una breve introducción del juego (planteamiento, finalidad e instrucciones), para en capítulos posteriores estudiar la viabilidad del mismo así como las posibles modificaciones que pudiesen surgir respecto a la versión original.

LEGO FLOW GAME nace de una colaboración de ideas entre Karl Scotland y la Dra Sallyann Freudenberg Karl Scotland presentó su primera versión del Juego bajo el nombre de **“Flow experiment”** en el año 2010, Sallyann se encontraba entre el público asistente a la presentación ese día y aunque el concepto le pareció muy interesante consideró que las ecuaciones necesarias para su desarrollo eran tediosas y requerían mucho esfuerzo, lo cual implicaba que el aprendizaje deseado con el juego no fuese el deseado. Ella fue la encargada de replantear el juego usando Legos en lugar de matemáticas, consiguiendo así que el juego resultase mucho más interesante y didáctico. A raíz de esta colaboración en el año 2013 publicaron **LEGO FLOW GAME**.

3.4.1. Resumen del juego

“LEGO FLOW GAME” es un divertido ejercicio diseñado para comparar y contrastar diferentes enfoques para los procesos con respecto a cómo fluye la producción. La finalidad del juego es construir un calendario para la producción marcando así el siguiente producto a fabricar (**análisis**), localizando luego el siguiente set de piezas lego necesarias para fabricar dicho producto y suministrársela a los montadores (**función suministro o proveedor**), montar dichas piezas para conseguir así fabricar el producto planificado (**montaje**), comprobar que el

producto se ha construido correctamente según especificaciones y de forma robusta (**Aceptación/control de calidad interno**).

Para el desarrollo del juego existen roles especiales para cada etapa del proceso; analistas, proveedores, montadores y control de calidad). Además durante todo el juego será necesaria la existencia de un coordinador general y algunos representantes del mercado.

El juego constará de tres etapas una para cada tipo de enfoque: push, time-boxed y pull.

3.4.2. Materiales necesarios

Antes de comenzar a jugar será necesario que el coordinador disponga de:

- Instrucciones de juego.
- Hoja de cálculo para anotar los resultados obtenidos.

A su vez cada equipo (formado como mínimo por cinco personas) necesitará tener en su poder:

- “1 Lego Advent Calendar Kit”, con 24 números en tarjetas cortadas individualmente y los correspondientes sets de montaje de las 24 tarjetas desmontados e individualmente embolsados.
- Tarjetas en blanco (aproximadamente 50).
- Una grapadora (con grapas).
- Masilla adhesiva
- 3 plantillas (una para cada ronda)
- 2 bolígrafos
- Cronómetro

3.4.3. Roles

Para comenzar a jugar las 24 tarjetas de cada equipo deben de ser mezcladas y amontonadas en una sola baraja y las 24 bolsitas con las piezas de cada producto también deben de ser mezcladas y almacenadas juntas en un mismo lugar.

Durante todo el juego los distintos roles asignados para poder llevar a cabo el juego realizarán su trabajo de la forma redactada en los puntos siguientes.

3.4.3.1. El analista

Para realizar correctamente el trabajo asignado a este rol, el analista necesitará las 24 tarjetas en un único montón y bien barajadas, así como las tarjetas en blanco, un bolígrafo y el blue-tac.

Su trabajo consistirá en sacar una “tarjeta de producto” de la pila de tarjetas y las numerará comenzando por el número uno y en orden creciente. Cuando saque la primera tarjeta escribirá el número que le corresponda en la parte superior de una de las tarjetas en blanco, pegará la tarjeta de producto en la misma y le pasará este conjunto (tarjeta de producción y ordinal correspondiente) boca arriba al proveedor.

3.4.3.2. El proveedor

Este rol necesitara acceso a las bolsas con las piezas de lego y a la grapadora. Por cada tarjeta recibida del analista deberá buscar la bolsa que corresponda con el producto estipulado y graparla a la tarjeta para pasarle luego el conjunto al montador.

3.4.3.3. El montador

Una vez recibida la tarjeta por parte del proveedor su misión será montar el producto que se va a fabricar siguiendo las instrucciones dadas en la misma. Una vez montado el producto según las especificaciones pasará la tarjeta recibida del proveedor y el producto ya montado al control de calidad interno.

3.4.3.4. Control de calidad interno

La misión de este control de calidad interno será una vez recibido el producto y la tarjeta comprobar que este coincide exactamente con el producto mostrado en la misma. A su vez comprobará también la robustez y la calidad del producto, por ejemplo si todas las piezas han sido perfectamente encajadas y empujadas entre ellas de forma que no queden holguras entre las piezas.

Si todos estos controles de calidad dan como resultado que el producto cumple las especificaciones marcadas se clasificarán como productos terminados y en caso contrario serán clasificadas como productos rechazados. En cada ronda se estipularán distintas políticas sobre cómo tratar los productos rechazados.

3.4.3.5. *El supervisor del juego*

La persona encargada de supervisar el juego necesitará un cronómetro, las plantillas para anotar los resultados y un bolígrafo. Su trabajo consistirá en controlar y el proceso y asegurarse de que se cumplen tanto las reglas del juego como las políticas estipuladas para cada ronda. Puede encargarse también de controlar el tiempo del equipo, parando y comenzando las rondas e informando a cada grupo de cuánto tiempo ha tardado. Sin embargo, esto suele ser misión del coordinador o coordinadores del juego.

El supervisor se encargara también de capturar las métricas contando cuantos productos se han llegado a fabricar en cada etapa del proceso cada 30 segundos, utilizando la plantilla para tomar nota de estos resultados.

El número de productos incluye todos los elementos, tanto si se encuentran en cola, en curso o listos para la entrega a la siguiente etapa. Tendrá que tener en cuenta que el número de productos terminados o fabricados es gradual por lo que nunca vera disminuida su cantidad.

3.4.3.6. *Mercado*

Este rol es **opcional** pero puede resultar de gran utilidad, puesto que no resulta extraño que los encargados de desarrollar el control de calidad interno a veces acepten productos como buenos que deberían haber sido tratados como productos rechazados. Este error puede ser cometido tanto por fallos en el control como por el deseo de que sea su equipo el que gane el juego produciendo mayor número de productos “buenos” en el mismo intervalo de tiempo. Por lo tanto teniendo un doble control de calidad que actúe de forma independiente a los deseos de cada equipo, el proceso puede controlarse mejor y ayuda a esclarecer defectos que de otra forma podrían permanecer ocultos. Además este rol puede generar una discusión razonada sobre la calidad e idoneidad de este producto para los deseos del mercado.

Para desarrollar correctamente este rol, será necesario buscar voluntarios para representarlo y formarlos en privado para que puedan comprobar los productos terminados, así como para poner en común los criterios a seguir para considerar o no si un producto es idóneo para los deseos del mercado.

3.4.4. Rondas

Como se ha dicho con anterioridad “LEGO FLOW GAME” consta de tres rondas bien diferenciadas donde se probaran distintos tipos de procesos (push, time-boxed y pull). En este capítulo se explicará detalladamente en que consiste cada ronda.

Es importante tener en cuenta que después de cada ronda será necesario recoger las hojas donde se han anotado los datos e introducir rápidamente los datos en la hoja de cálculo, teniendo cada equipo la suya propia. Una vez introducidos los datos, los equipos deben ordenar sus mesas y prepararlas para el comienzo de la siguiente ronda. Durante este proceso de recogida se devolverán todas las tarjetas a la baraja. Esto se hará con el fin de que el trabajo del analista no sea cada vez más sencillo al ir reduciéndose el número de tarjetas en la baraja.

Después de cada ronda los equipos también pueden discutir lo que funcionó correctamente y lo que les generó complicaciones durante la misma. El objetivo de este paso es comenzar a pensar en los pros y en los contras de cada sistema en lugar de pensar solamente cual es el mejor sistema.

Al final del juego, una vez transcurridas las tres rondas, con ayuda de la hoja de cálculo se mostrarán los diagramas de flujo acumulado. Estos datos servirán a los jugadores para comparar los flujos de materiales generados al emplear cada sistema de producción.

Finalmente si después de estas tres rondas, sería interesante preguntar a los jugadores que cambios realizarían para mejorar sus procesos y el rendimiento de los mismos. Así mismo sería interesante poner en práctica esas mejoras propuestas y anotar los resultados obtenidos para poder verificar la efectividad de las mismas.

3.4.4.1. Ronda 1: Fabricación por lotes/sistema push

Esta ronda durará seis minutos. A cada equipo se le asignará un número definido de productos por lote (se usarán 5), por lo tanto tendrán que ser completadas esas unidades antes de ser pasados a la siguiente etapa. Esto implica que el analista comenzará sacando cinco tarjetas de producción y las procesará tal y como se ha explicado en el capítulo de roles (Véase apartado 3.4.3) antes de pasárselas al proveedor y así sucesivamente.

En esta ronda cada etapa del proceso es independiente, con roles que poseen actividades especializadas, por lo tanto ningún otro trabajador podrá ayudar a otro que tenga distinto rol.

Cualquier trabajo que este por debajo del estándar marcado es rechazado y retenido en el lugar donde se produce, esperando con esto que todo el trabajo se haga bien a la primera y con la calidad deseada para el producto.

3.4.4.2. Ronda 2: Time-boxed (Scrum-like)

En esta ronda hay tres juegos de dos minutos (time-boxes). Antes de que el tiempo de que cada time-box empiece cada equipo debe estimar o planificar cuantos productos serán capaces de completar durante el mismo y cuando se termine el tiempo fijado deben revisar si

han cumplido sus estimaciones. Para esta discusión inicial 30 segundos debería ser tiempo suficiente para llegar a un acuerdo.

Cuando comience el time-box, cuando cada jugador complete las actividades que tiene que realizar sobre las tarjetas o sobre el producto, lo pasara inmediatamente a la etapa siguiente. No se esperara a que todo el lote este completo (desaparece la limitación de la producción por lotes en esta etapa). Las actividades primarias de cada rol explicadas anteriormente se continúan aplicando en esta ronda, pero ahora los equipos pueden trabajar en equipo y ayudar a otros miembros del equipo siempre y cuando en ese momento el trabajador que ayuda no tenga trabajo en su puesto.

Gracias a este trabajo en equipo, los productos rechazados pueden retroceder en la producción y ser mejorados. Al final de un “time-box”, si hay productos parcialmente completos estos se mantienen y se continuará su montaje durante el comienzo del siguiente time-box. Si un equipo completa todo el trabajo que ha estimado que podría asumir durante la discusión inicial, podría coger más carga de trabajo. Esta carga de trabajo SOLO podría comenzarse cuando todos los productos hayan sido aceptados como “producto terminado”, es decir cuando hayan pasado el control de calidad interno con una valoración positiva. Esto implica que siempre y cuando haya productos rechazados no se podrá coger trabajo nuevo, sino que se tendrá que convertir esos rechazados en productos terminados.

En esta ronda se debe de animar a los equipos a que intenten ser realistas en la planificación de su producción durante el time-box sin tener en cuenta que si se quedan cortos podrían coger más carga de trabajo o que si su estimación inicial resulta excesiva podrían continuar con el trabajo planificado en el siguiente periodo de time-box.

3.4.4.3. Ronda 3: Fabricación basada en el flujo/ sistema pull

Esta ronda se distribuye al igual que la primera en una única partida de 6 minutos. No es necesario en ella estimar cuantos productos llegarán a fabricarse, pero en su lugar se introduce un límite de un WIP de un elemento por etapa. Esta limitación afecta tanto a los productos que se estén procesando como a los que ya están completos y listos para el trabajo en la próxima etapa. Por consiguiente, esto provoca la creación de un sistema pull muy básico, de forma que solamente cuando una etapa está vacía se puede tirar (pull) de un producto listo procedente de la etapa anterior. Esto implica por ejemplo, que cuando el proveedor ha terminado su trabajo en un producto, no podría pasar ese producto al montador y comenzar un nuevo producto con las instrucciones del analista hasta que sea el montador el que termine su trabajo en el producto anterior y reclame el siguiente producto listo del proveedor.

De igual manera que sucedía en la ronda 2, las actividades primarias asociadas a cada trabajador siguen siendo la prioridad aunque los miembros del equipo pueden ayudarse unos a otros si no hay nada que hacer en su puesto de trabajo. Los productos que hayan sido considerados como productos rechazados por el control de calidad interno pueden retroceder y ser corregidos.

4. MODIFICACIONES DEL JUEGO INICIAL

La versión inicial de LEGO FLOW GAME proponía unos montajes muy sencillos para la realización del juego pero carecía de las tarjetas necesarias para su correcto montaje. A la hora de realizar el juego físicamente se ha optado por elegir unos montajes más complejos (los montajes que proponía el juego inicial se pueden ver en la ilustración 26) considerando así que dichos montajes podrían ofrecer más variabilidad a la mecánica del juego así como mayor posibilidad de asignar trabajo a los distintos roles puesto que en la versión original la carga de trabajo del rol de montador era superior a la de los otros roles, pudiendo incluso llegar a convertirse los roles proveedor o control de calidad en trabajos demasiado sencillos. Así pues considerando que se trata de un juego de mesa cuyo fin no es solo enseñar sino también entretener y que es probable que cuanto mayor implicación en el proceso tengan los distintos roles más fácil será lograr estos fines se ha optado por un cambio en las piezas a emplear (ilustración 27). Este cambio de piezas también cumplirá la misión de simular en el juego un proceso más “real” de fabricación



Ilustración 26: Piezas originales “THE LEGO FLOW GAME” Fuente: Scotland,K [2015]



Ilustración 27: Modelos escogidos para el juego

La elección de estos nuevos productos a fabricar supone que el montaje se complicará debido a la existencia en cada uno de mayor número de piezas totales por producto que en la versión original. A su vez la cantidad de piezas distintas en cada producto a montar también aumenta. La unión de estos dos motivos supondrá que en esta versión del juego el tiempo de montaje de cada modelo será superior al esperado en el juego original lo cual hará necesario realizar diversas modificaciones que afectarán principalmente a los tiempos de cada etapa y a los de control.

Como ya se ha dicho en la introducción a este capítulo aunque las modificaciones de tiempo serán casi imprescindibles para el correcto funcionamiento del juego también se harán diversas modificaciones en otros aspectos del juego con el fin de dotar al mismo de mayor fluidez.

A lo largo del desarrollo de este capítulo se estudiarán en detalle las distintas modificaciones propuestas así como el motivo que ha llevado a proponerlas. Para ello se empezará estudiando detalladamente cada modelo a fabricar individualmente estudiándose después los cambios necesarios o simplemente deseados en los distintos roles. El último paso será ver cómo afectan estos cambios al juego inicial y proponer unas instrucciones que permitan que el entendimiento por parte de los jugadores sea sencillo y rápido.

4.1. Primer estudio de los modelos

La finalidad de este capítulo será explicar las características de los modelos así como las conclusiones que se obtuvieron en el primer contacto con los mismos. Este primer contacto con los modelos ha consistido en realizar el despiece de cada modelo para identificar las piezas del mismo así como las similitudes entre las piezas de los distintos modelos. A su vez se realizaron pruebas de montaje siguiendo las instrucciones suministradas por el fabricante con el fin de testear si resultan óptimas para su utilización en el juego o si por el contrario necesitan ser modificadas antes de incluirlas en el mismo. Al mismo tiempo que se testean dichas instrucciones se tomarán notas del tiempo empleado en el montaje de cada modelo así como también de los problemas que se han encontrado durante el montaje. Para la toma de dichos tiempos de montaje se han despreciado los tiempos obtenidos en los primeros montajes de cada modelo, considerando estos tiempos como un proceso de familiarización con el producto y con el montaje. Este proceso de familiarización también ha mostrado como a medida que el operario realizaba la repetición del proceso los tiempos solían menguar y en muchas ocasiones era el propio operario el que proponía mejoras para el procedimiento de montaje tanto a nivel comodidad como para la reducción de tiempos.

4.1.1. Despieces

Buscando un mayor conocimiento de las características de los productos cuya fabricación se va a simular durante el juego, en este capítulo se procederá al despiece de cada uno de ellos.

Se pretende que este despiece no solo aporte conocimiento del producto sino que pueda ser de gran utilidad al proveedor durante el desarrollo del juego.

4.1.1.1. Modelo 100: Pala

Este modelo está compuesto por 23 piezas totales, existiendo en el mismo 15 modelos de piezas. A continuación (ilustración 28) se adjunta el despiece detallado de las mismas:

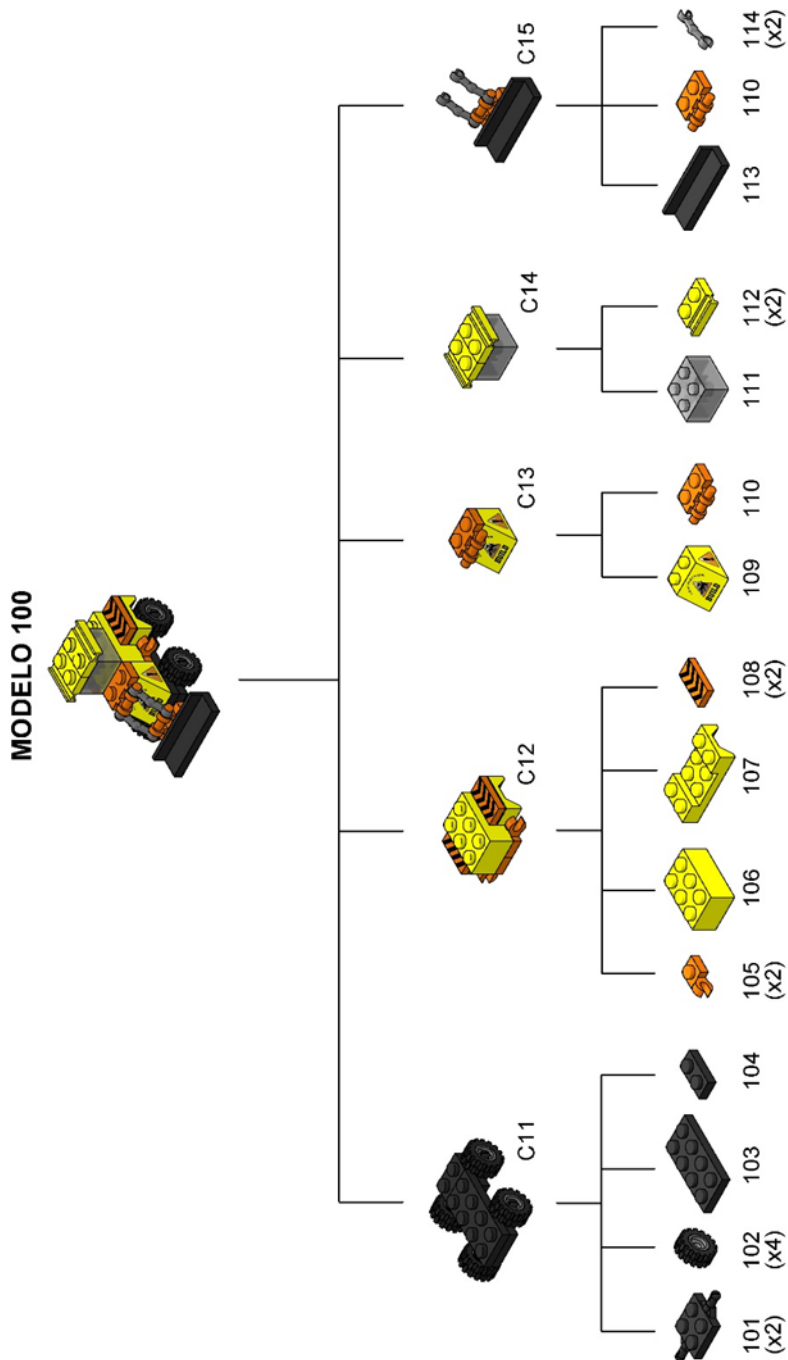


Ilustración 28: Despiece modelo 100

4.1.1.2. *Modelo 200: Dumper*

Este producto posee un total de 27 piezas (ilustración 29), divididas a su vez en 20 modelos distintos de piezas. Los detalles del despiece se adjuntan a continuación:

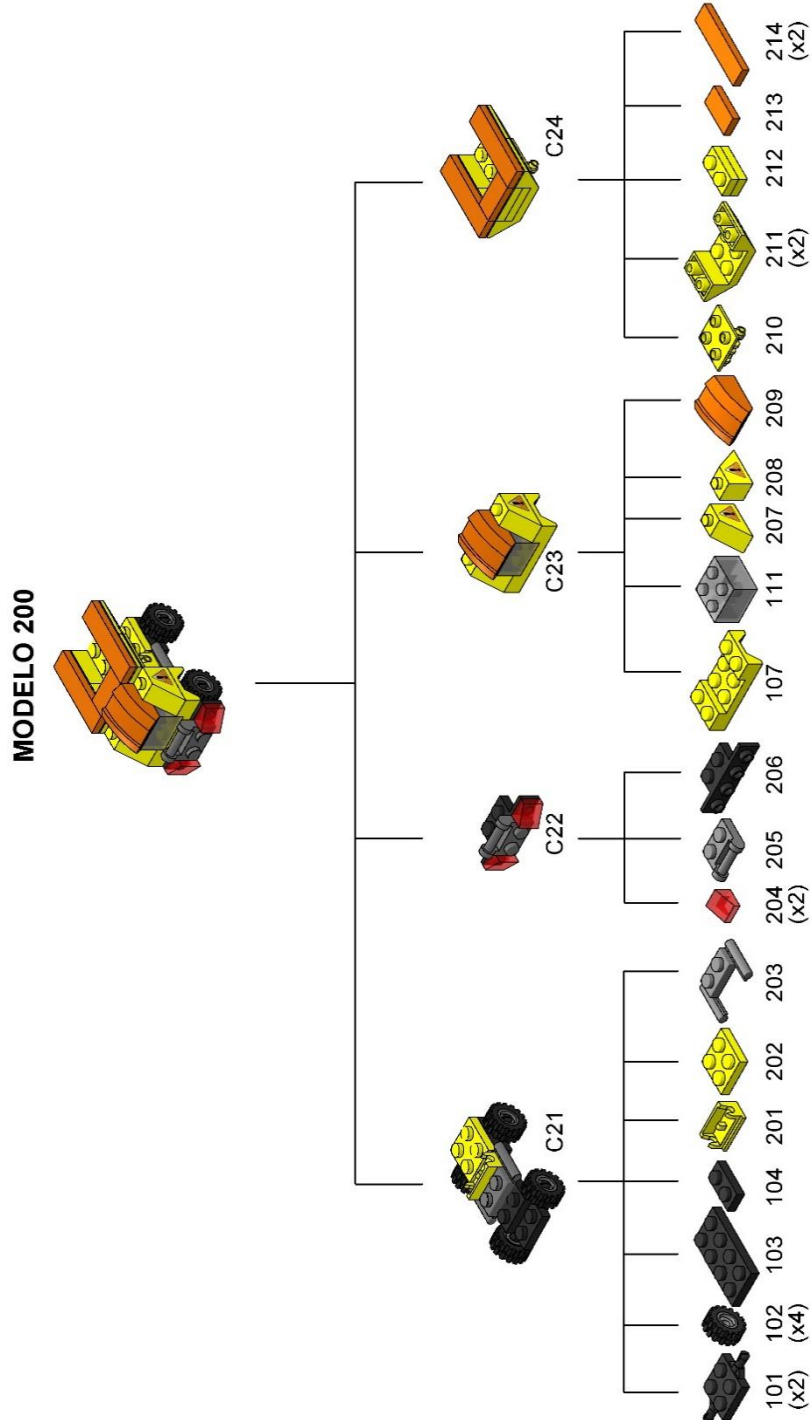


Ilustración 29: Despiece modelo 200

4.1.1.3. Modelo 300: Excavadora

Este producto tiene un total de 26 piezas, existiendo un total de 22 piezas distintas en su diseño. Al igual que sucedía en los modelos anteriores se adjunta a continuación su despiece detallado (ilustración 30)

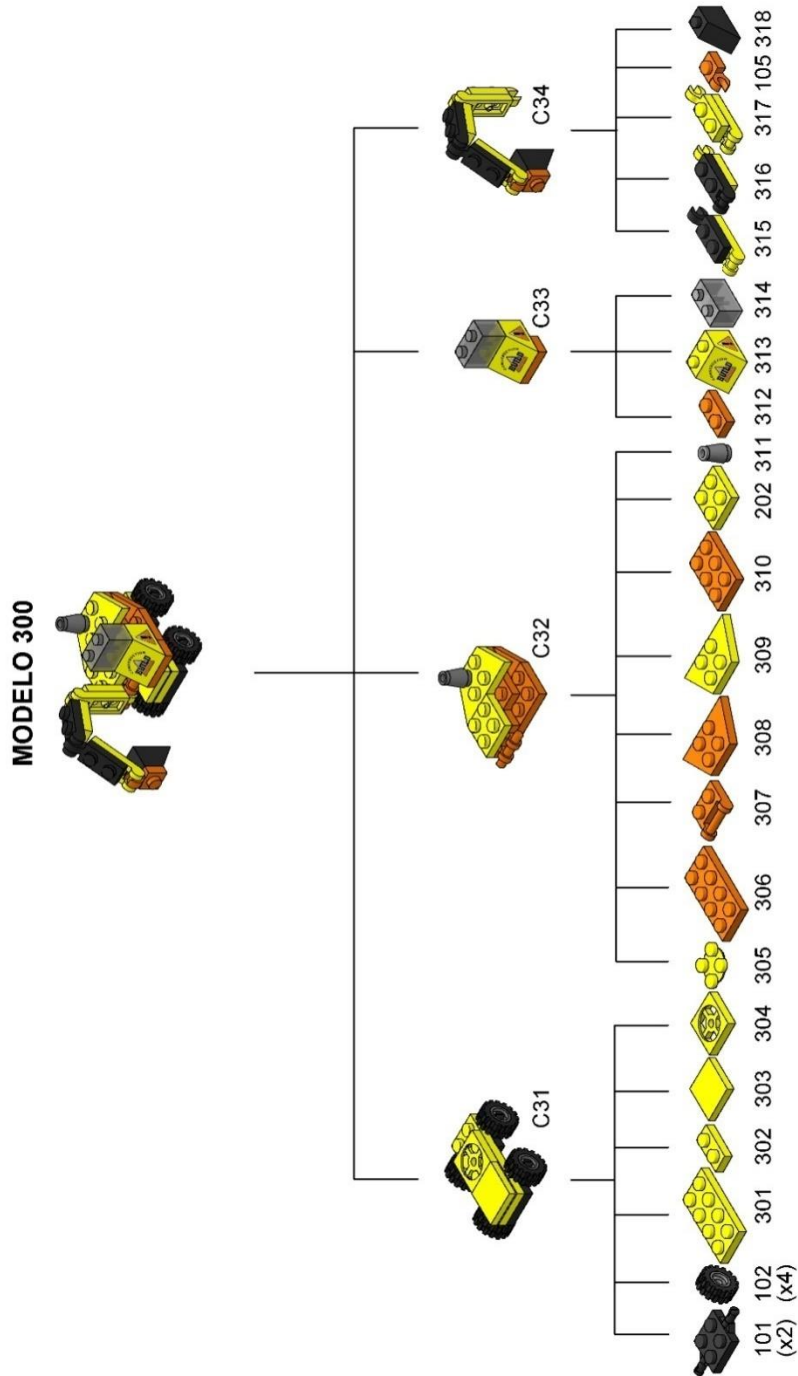


Ilustración 30: Despiece modelo 300

4.1.1.4. **Modelo 400: Hormigonera**

El producto hormigonera posee 29 piezas totales divididas en 20 modelos distintos, su despiece se adjunta a continuación (ilustración 31).

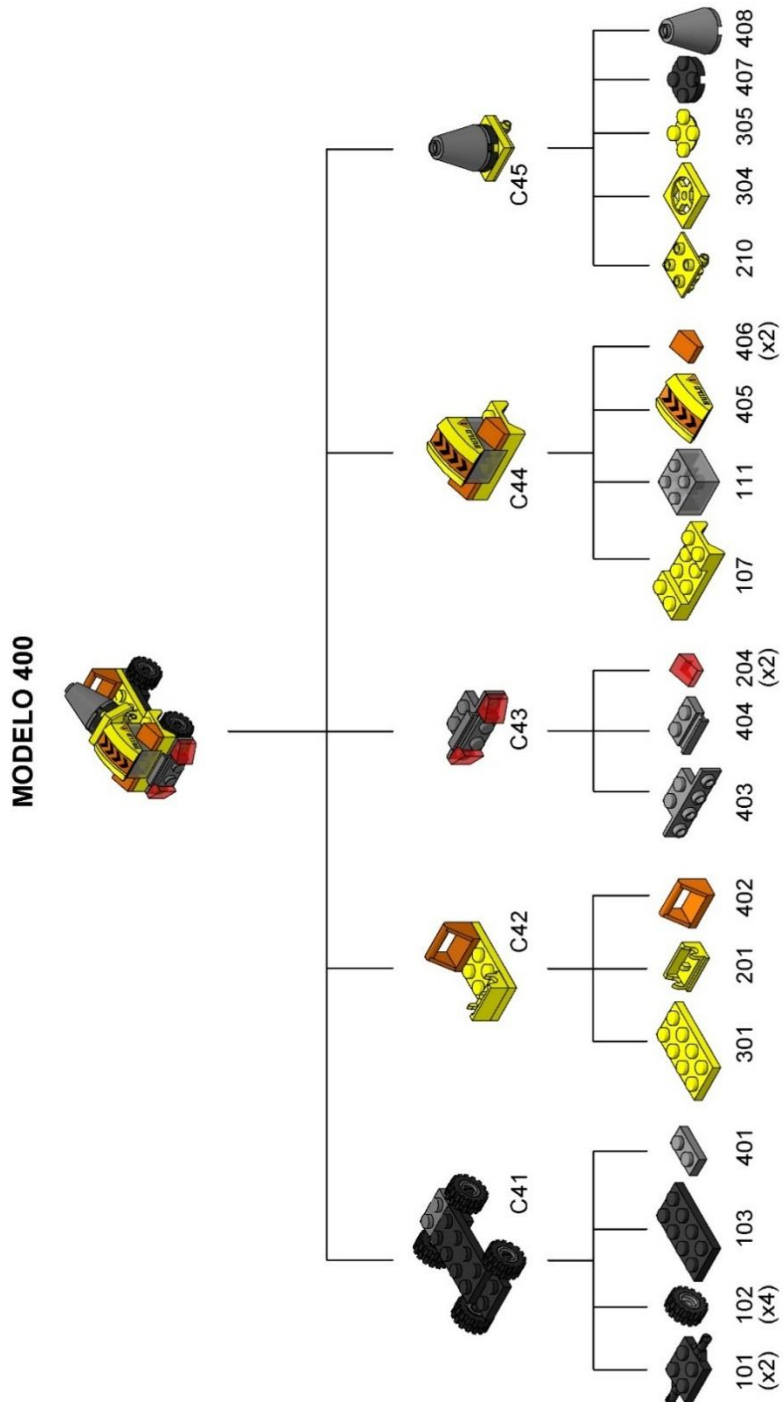


Ilustración 31: Despiece modelo 400

4.1.2. Instrucciones fabricante y tiempos

4.1.2.1. Modelo 100: Pala

Las instrucciones de montaje (ilustración 32) proporcionadas por el fabricante y los tiempos obtenidos durante el montaje (tabla 6) siguiendo el procedimiento marcado en las mismas se muestran a continuación.

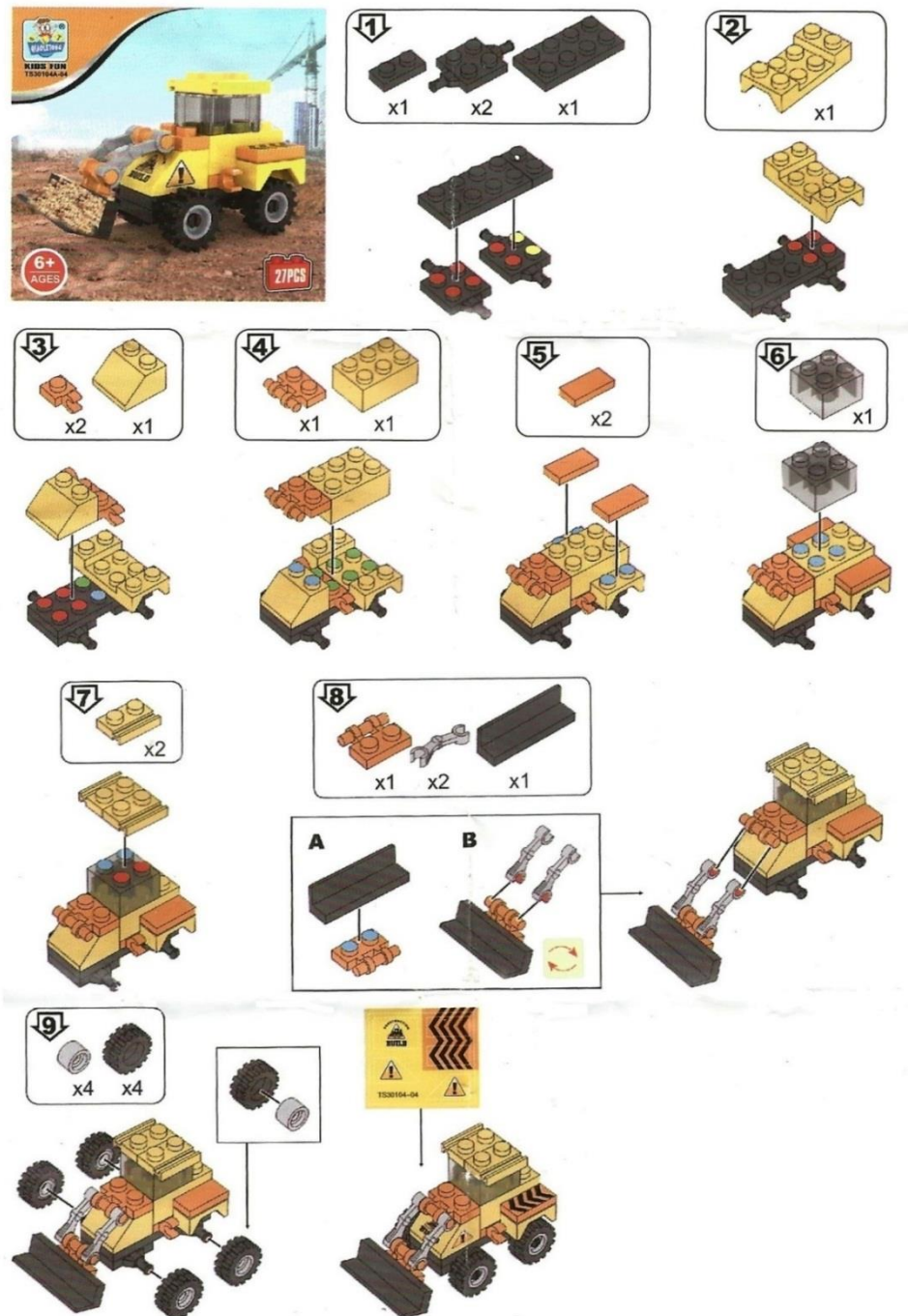


Ilustración 32: Instrucciones originales modelo 100

MODELO 100: PALA	t (hh:mm:ss)	t (seg)	t (hh:mm:ss)	t (seg)
	0:02:58	178	0:02:07	127
	0:02:54	174	0:02:15	135
	0:02:38	158	0:02:28	148
	0:03:18	198	0:02:09	129
	0:02:50	170	0:01:55	115
	0:02:06	126	0:02:15	135
	0:01:59	119	0:01:51	111
	0:01:38	98	0:01:29	89
	0:01:18	78	0:01:41	101
	0:01:06	66	0:01:20	80
	0:01:45	105	0:01:29	89
	0:01:56	116	0:01:22	82
	0:01:35	95	0:01:23	83
	0:01:24	84	0:01:15	75
	0:01:40	100	0:02:12	132
	0:01:05	65	0:02:20	140
	0:03:08	188	0:02:02	122
	0:03:00	180	0:02:04	124
	0:01:36	96	0:01:43	103
0:02:30	150	0:02:15	135	
0:01:36	96	0:01:43	103	
0:01:48	108	0:01:57	117	
0:03:13	193	0:01:33	93	
0:02:35	155	0:02:17	137	
0:03:23	203	0:01:45	105	
TIEMPO MEDIO			0:02:02	122

Tabla 6: Tiempos de montaje modelo 100

Durante las pruebas realizadas montando el producto con las instrucciones suministradas con el fabricante se han detectado los siguientes problemas relacionados con el diseño de las mismas:

- El sistema empleado para diferenciar si una pieza va unida en su totalidad a otra o si por el contrario va unida a varias resulta poca intuitivo y en ocasiones incluso confuso para el montador (este problema se repetirá en todos los demás productos).
- En el paso tres, el fabricante propone colocar a la vez dos tipos de piezas (piezas **105** y **109**) pero si se coloca primero la pieza **109** resulta casi imposible montar luego las dos restantes. En la mayoría de las pruebas de montaje el operario comenzaba montando la pieza **109** probablemente por ser más fácil su localización entre el total de las piezas debido a su mayor tamaño, lo cual acababa provocando un desmontaje posterior de la misma para poder colocar las dos piezas **105**. Sería interesante por lo tanto separar este paso en dos o realizar en las instrucciones alguna aclaración en la que quede claro que lo recomendable sería montar primero las piezas **105** y luego la **109**.

- Debido al pequeño tamaño de las piezas **108** y a la posición que ocupan en el montaje del producto 100, el montador acababa alterando el orden que el fabricante propone como cuarto y quinto, realizando primero el quinto y luego el cuarto para que así resultase más sencillo el montaje de las piezas **108**.
- En el paso 8, se han detectado bastantes problemas a la hora de montar los brazos de la pala de la excavadora. Debido a que el ángulo de las piezas **114** no es muy pronunciado resulta poco claro cuál es la posición correcta de las mismas.

Todas estas modificaciones de las instrucciones deberían simplificar el trabajo del montador así como reducir el tiempo necesario para el montaje. Pensando en la fluidez del juego y con ayuda de los tiempos obtenidos se ha detectado también que durante el proceso de montaje, la unión de las llantas con los neumáticos siendo un proceso mecánico que se repite en los 4 productos que se van a montar durante el desarrollo del juego, resulta un paso en el que se pierde bastante tiempo. Podría ser interesante que el proveedor enviase el conjunto “llantas+neumáticos” (pieza **102**) ya ensamblado, para que el operario solo tuviese que colocarlo en el lugar correspondiente (ilustración 33).

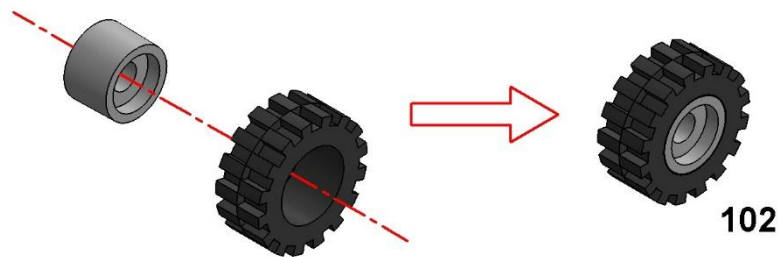


Ilustración 33: Conjunto 102

4.1.2.2. *Modelo 200: Dumper*

Las instrucciones originales de montaje (ilustración 34) así como los tiempos de montaje (Tabla 7) obtenidos siguiendo las mismas son los siguientes:

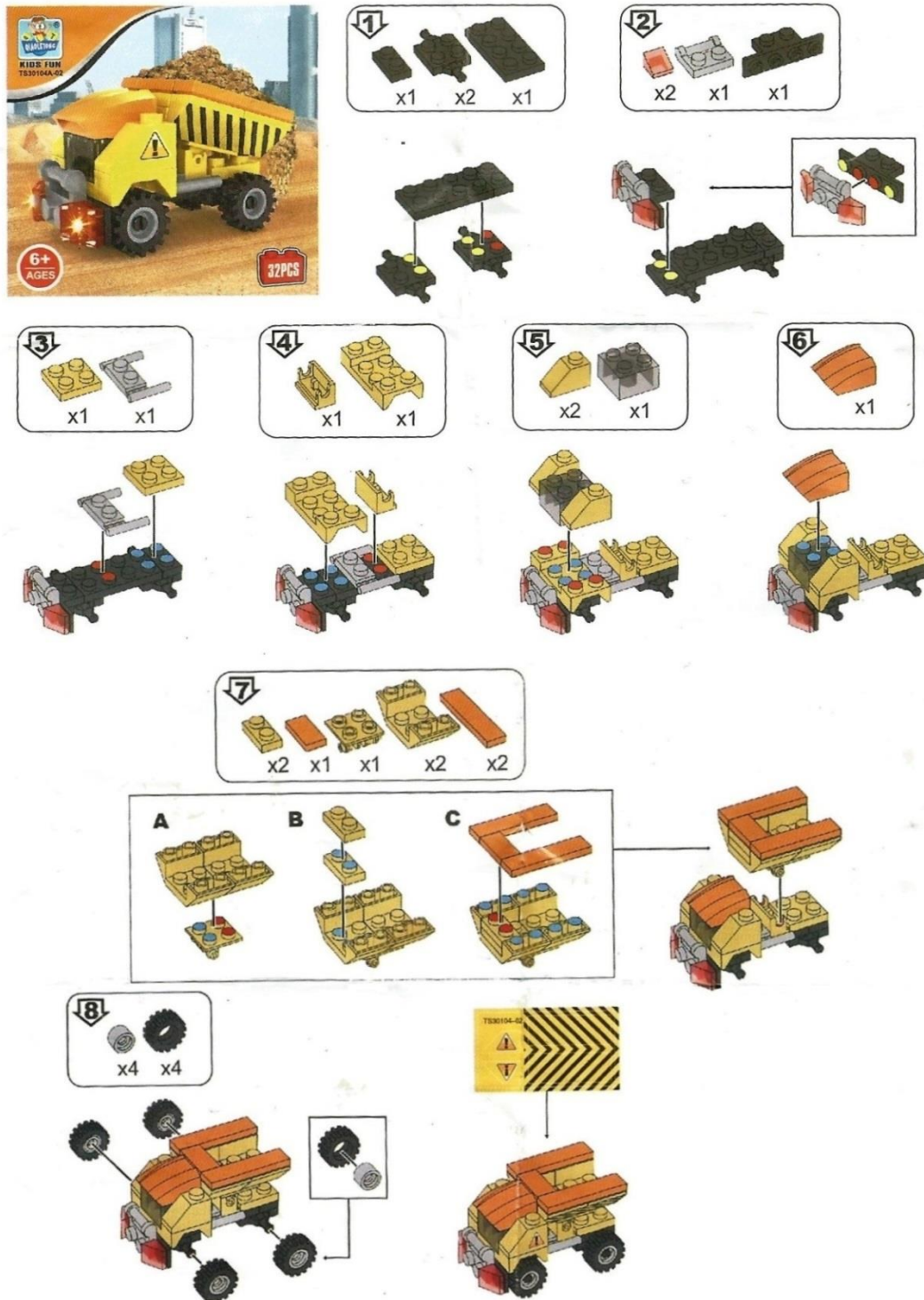


Ilustración 34: Instrucciones originales modelo 200

MODELO 200: DUMPER	t (hh:mm:ss)	t (seg)	t (hh:mm:ss)	t (seg)
	0:03:02	182	0:01:53	113
	0:02:15	135	0:01:50	110
	0:02:45	165	0:02:58	178
	0:02:01	121	0:02:43	163
	0:02:10	130	0:02:17	137
	0:01:50	110	0:01:52	112
	0:03:28	208	0:02:22	142
	0:03:33	213	0:01:55	115
	0:03:00	180	0:03:12	192
	0:02:24	144	0:02:48	168
	0:02:15	135	0:01:58	118
	0:02:21	141	0:02:42	162
	0:03:28	208	0:02:29	149
	0:03:34	214	0:03:01	181
	0:03:03	183	0:02:35	155
	0:02:45	165	0:02:18	138
	0:02:48	168	0:01:59	119
	0:02:53	173	0:02:15	135
	0:02:20	140	0:02:49	169
	0:03:17	197	0:03:13	193
	0:02:18	138	0:02:54	174
	0:02:17	137	0:01:59	119
	0:02:10	130	0:02:26	146
0:02:37	157	0:02:13	133	
0:02:23	143	0:02:49	169	
TIEMPO MEDIO		0:02:34	154	

Tabla 7: Tiempos de montaje modelo 200

Realizando el montaje con las instrucciones originales se han detectado diversas modificaciones que podrían ayudar al operario, siendo en muchos casos el propio operario el que después del primer montaje las proponía o simplemente adaptaba su proceso de montaje a cómo a él le resultaba más cómodo y por consiguiente más rápido. A continuación se enumeran los problemas encontrados y las propuestas de mejora.

- En el segundo paso de las instrucciones si se comienza montando los focos (piezas **204**) a veces resulta complicado montar la pieza **205** a continuación debido a que el espacio libre resulta escaso y se complica tanto el posicionamiento de la misma como el poder ejercer presión para poder encajarla. Sería interesante por lo tanto que en las instrucciones de montaje se detallase el orden de montaje de estas piezas.

- En el paso cuatro la pieza **107** que se coloca en la parte delantera resulta un poco inestable y al montar luego las piezas que se nos muestran en el punto cinco muchas veces se desencaja del suelo del vehículo. Además en el paso cinco de las instrucciones resulta bastante más rápido montar primero las piezas **207** y **208** puesto que al tener menor superficie para encajar en algunas ocasiones es necesario realizar bastante fuerza para lograrlo y si se coloca primero la pieza **111** por una cuestión de ergonomía es más complicado ejercer dicha fuerza. Por lo tanto como mejora a las instrucciones iniciales se propone el montaje de esa primera pieza **107** en conjunto con las piezas del punto cinco (**207,208** y **111**) indicando el claramente el orden de montaje. Una vez montado ese conjunto resulta bastante más sencillo el ensamblaje en el suelo del vehículo, evitando así el posible desmontaje involuntario que provocaba el montaje siguiendo las instrucciones originales.
- Al igual que sucedía con las excavadora el montaje de llantas y ruedas suponía bastante gasto de tiempo en el montaje. Se propone la misma mejora que en el punto 4.1.1.3.
- Las piezas que se montan en el paso siete B debido a su reducido tamaño, después del primer montaje del modelo resultan difíciles de desmontar sin dañar las piezas. Para intentar que la vida de estas piezas sea la máxima posible se ha decidido que el conjunto de esas dos piezas ya montadas sea una nueva pieza (pieza **212**) del producto 200 (Véase ilustración 35). Se consideró también unir a ese nuevo conjunto la pieza **213** pero esta opción se ha descartado finalmente debido a la existencia en la propia pieza de un pequeño rebaje que simplifica su desmontado.

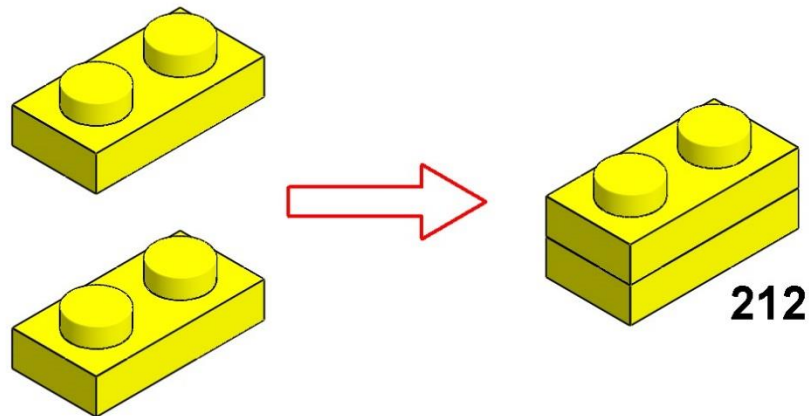


Ilustración 35: Conjunto 212

4.1.2.3. Modelo 300: Excavadora

En el caso de este modelo es importante decir que para la toma de tiempos no se han seguido exactamente las instrucciones de montaje. Esto es debido a que en el primer montaje del modelo, en el cual si se siguieron, se observó que en el paso ocho correspondiente al montaje del brazo de la excavadora los conjuntos de piezas que en las instrucciones originales aparecen nombradas como A, B, C, D no solo provocaban que el operario perdiese mucho tiempo en su montaje debido a que era necesario aplicar mucha fuerza para lograr una correcta inserción, sino que una vez montadas su desmontaje resultaba bastante complicado sin dañar la pieza. Así pues pensando en la durabilidad del juego, después del primer montaje se decidió que A,B, C Y D en vez de ser montados como un conjunto de dos piezas, se dieran al operario ya montados como si fuese una pieza única tal y como se muestra a continuación (Véanse ilustraciones 36, 37 y 38):

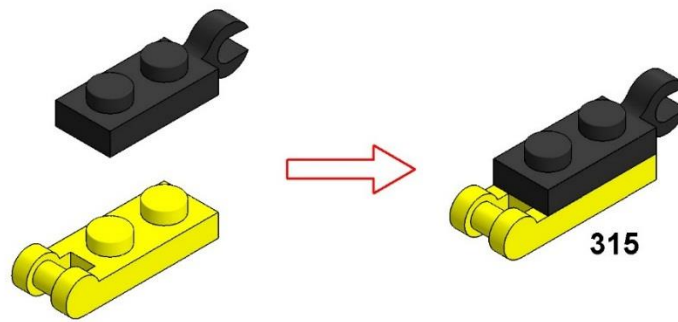


Ilustración 36: Conjunto 315

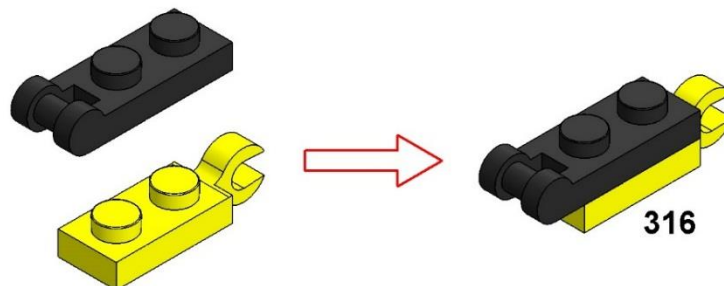


Ilustración 37: Conjunto 316

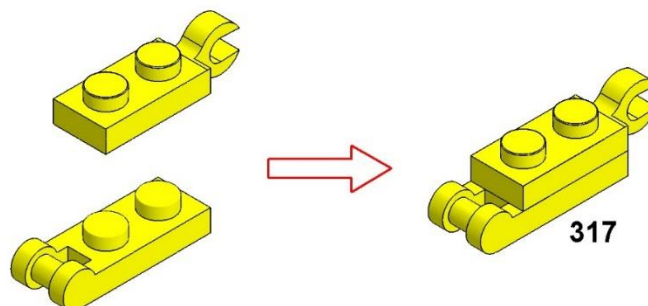


Ilustración 38: Conjunto 317

CAPÍTULO 4: MODIFICACIONES DEL JUEGO INICIAL

Teniendo en cuenta esto a continuación se muestran tanto las instrucciones de montaje suministradas por el fabricante (ilustración 39) como los tiempos obtenidos (tabla 8) siguiendo las mismas pero llevando a cabo la pequeña modificación ya explicada.

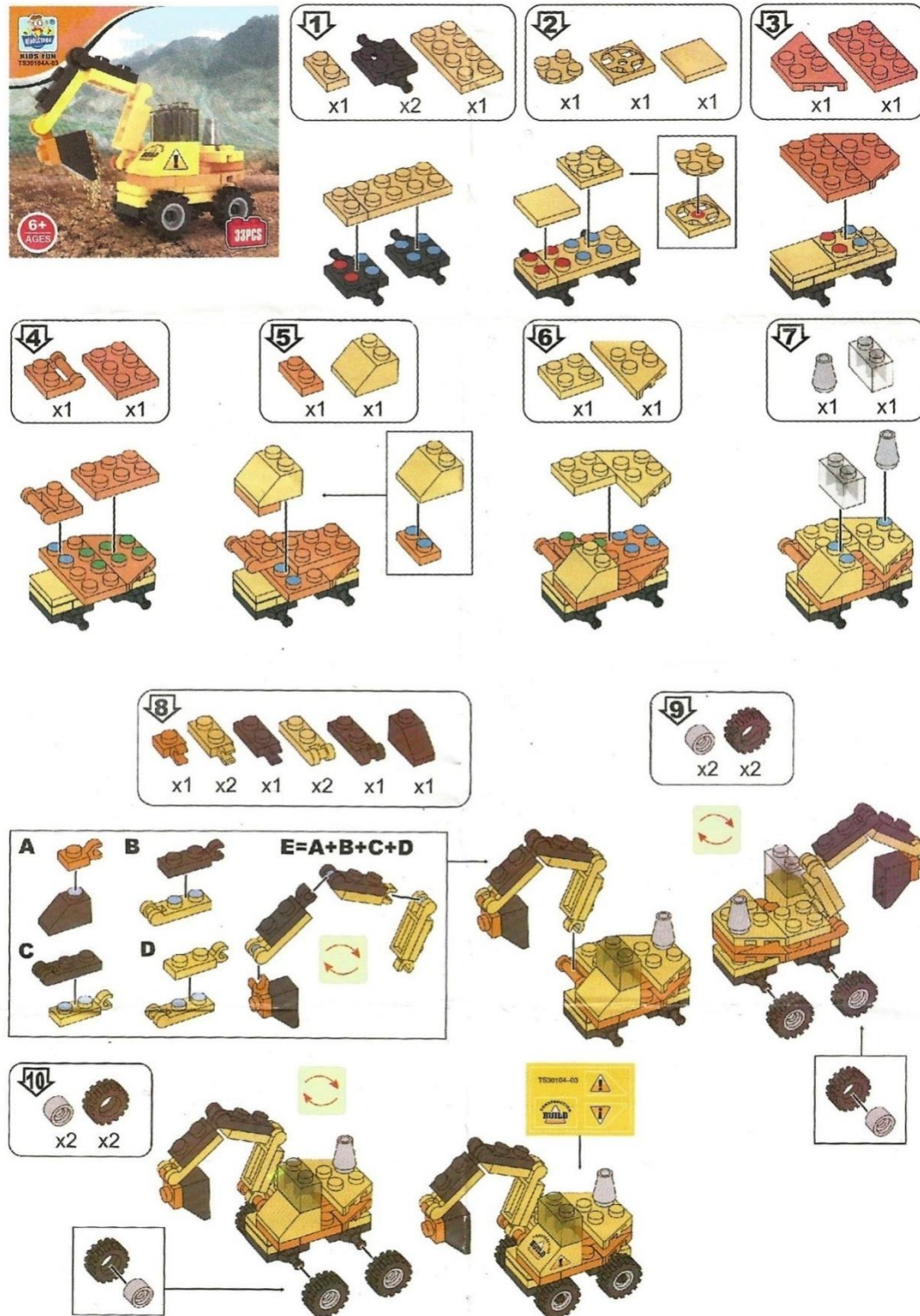


Ilustración 39: Instrucciones originales modelo 300

MODELO 300: EXCAVADORA	t (hh:mm:ss)	t (seg)	t (hh:mm:ss)	t (seg)
	0:03:30	210	0:03:00	180
	0:03:10	190	0:02:25	145
	0:02:58	178	0:02:47	167
	0:02:30	150	0:02:49	169
	0:03:06	186	0:03:03	183
	0:02:43	163	0:02:51	171
	0:02:56	176	0:02:43	163
	0:02:20	140	0:02:35	155
	0:03:02	182	0:02:49	169
	0:02:26	146	0:03:18	198
	0:02:53	173	0:03:12	192
	0:03:12	192	0:02:35	155
	0:03:14	194	0:02:54	174
	0:03:57	237	0:02:26	146
	0:03:59	239	0:02:35	155
	0:02:47	167	0:02:46	166
	0:02:36	156	0:02:39	159
	0:03:22	202	0:02:35	155
	0:02:57	177	0:03:01	181
	0:02:48	168	0:03:17	197
	0:02:53	173	0:02:48	168
	0:03:12	192	0:02:32	152
	0:03:26	206	0:02:30	150
0:02:57	177	0:02:41	161	
0:02:46	166	0:02:45	165	
TIEMPO MEDIO		0:02:54	174	

Tabla 8: Tiempos de montaje modelo 300

Los problemas detectados en el montaje de este modelo no son tan numerosos como en los anteriores. Principalmente además del ya citado solamente se ha detectado que en el paso cinco en muchos casos el operario una vez unidas las piezas **312** y **313** entre ellas, al ensamblar estas piezas a la pieza **310** las instrucciones no resultaban claras. Esto suponía que en muchos casos en vez de ensamblar la pieza **313** a la **310** encajaban la **312**.

Por otro lado al igual que en otros modelos, se propone que el conjunto rueda más llantas venga ya montado por parte del proveedor.

4.1.2.4. *Modelo 400: Hormigonera*

Las instrucciones proporcionadas por el fabricante para este modelo son las mostradas en la ilustración 40:

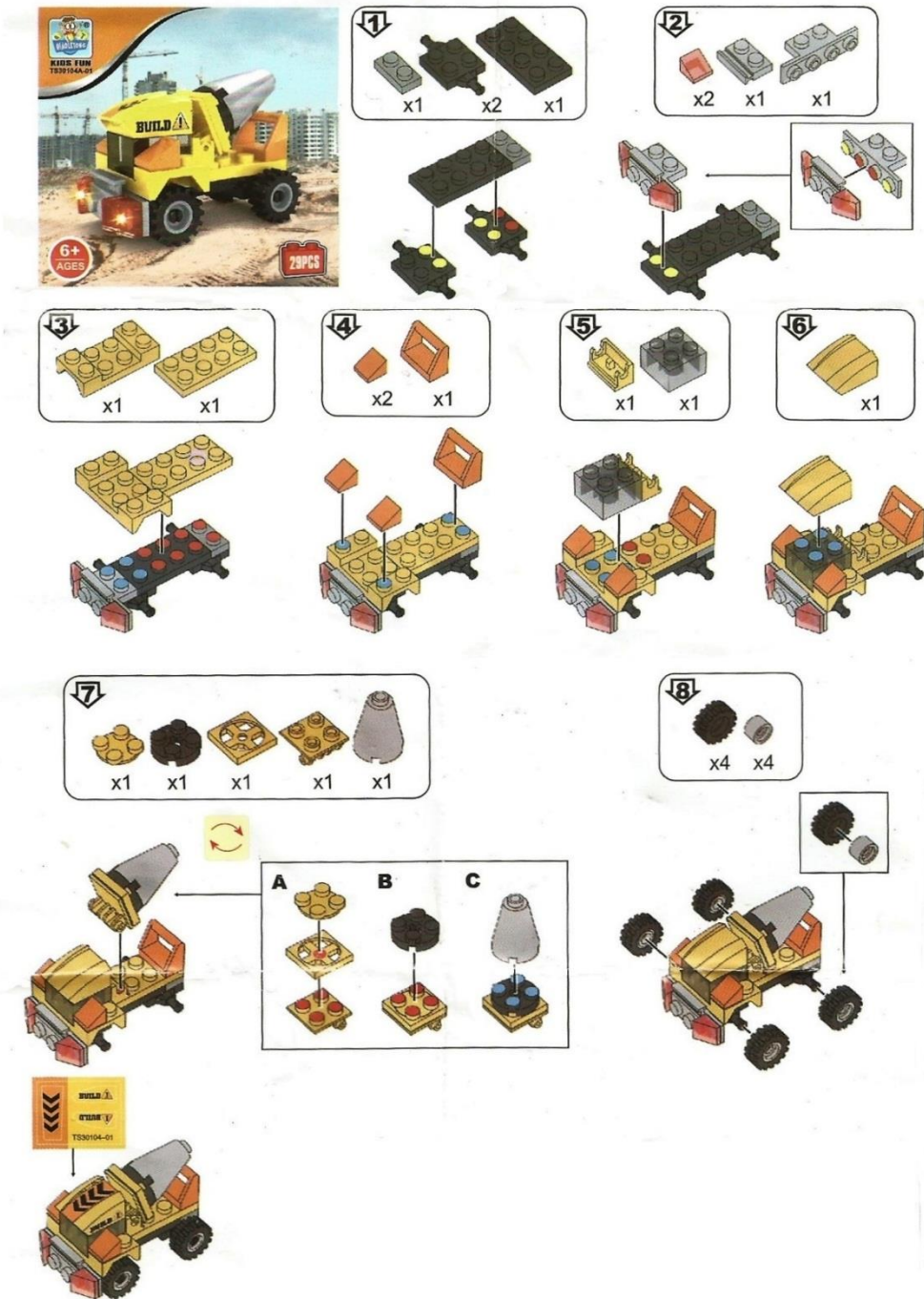


Ilustración 40: Instrucciones originales modelo 400

Para este primer contacto con el modelo y siguiendo las instrucciones anteriores los tiempos obtenidos para el montaje se muestran en la siguiente tabla (tabla 9).

MODELO 400: HORMIGONERA	t (hh:mm:ss)	t (seg)	t (hh:mm:ss)	t (seg)
	0:03:00	180	0:02:35	155
	0:03:07	187	0:02:19	139
	0:02:50	170	0:02:27	147
	0:02:36	156	0:02:57	177
	0:02:40	160	0:02:40	160
	0:02:35	155	0:02:27	147
	0:02:19	139	0:02:18	138
	0:02:21	141	0:02:45	165
	0:02:32	152	0:03:01	181
	0:02:18	138	0:02:34	154
	0:02:30	150	0:02:47	167
	0:02:57	177	0:02:08	128
	0:02:28	148	0:02:25	145
	0:02:48	168	0:02:38	158
	0:03:01	181	0:02:24	144
	0:02:51	171	0:03:01	181
	0:02:17	137	0:02:20	140
	0:02:46	166	0:02:45	165
	0:02:28	148	0:02:24	144
	0:02:31	151	0:02:32	152
	0:02:47	167	0:02:35	155
	0:02:15	135	0:02:26	146
	0:02:38	158	0:02:17	137
0:02:24	144	0:02:38	158	
0:02:26	146	0:02:18	138	
TIEMPO MEDIO			0:02:35	155

Tabla 9: Tiempos de montaje modelo 400

Los principales problemas encontrados durante el montaje siguiendo las instrucciones del fabricante se enumeran a continuación:

- En el paso dos de las instrucciones, si se montan primero los focos (**pieza 204**), luego resulta complicado encajar la pieza **404** debido a la poca holgura existente entre ellas. Este problema ya se había detectado anteriormente en el montaje del dumper.
- Durante el montaje eran muchos los operarios que realizaban modificaciones en los pasos tres, cuatro y cinco de las instrucciones originales, montando en muchos casos la pieza **107** con las dos piezas **406** del paso 4 y la pieza **111** en primer lugar y realizando este montaje como conjunto sin ensamblarlo en el modelo hasta estar completo debido a que al ser la pieza **107**, más ancha que la base del suelo del vehículo, al montar piezas encima puede resultar un poco inestable.

- Al igual que sucedía con todos los modelos anteriores, en el montaje de las ruedas y las llantas se perdía bastante tiempo y como facilitar dicho montaje no resultaba claro en las instrucciones, o al menos no resultaba clara la forma de que las llantas entren en las ruedas sin dificultad. Se propone por lo tanto que sea el proveedor el que monte esas piezas y que las instrucciones de montaje muestren la técnica a utilizar para ese montaje para que se realice de forma rápida y eficiente.

4.1.3. Conclusiones

Una vez realizado este primer contacto con los modelos a montar se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El método empleado por el fabricante para distinguir en cómo se encajan las piezas en los casos en que una misma pieza se ensambla en dos distintas resulta poco claro.
- Los tiempos de montaje de cada modelo varían bastante no sólo dependiendo de la práctica del operario sino que inciden en otras variables como son el uso de las piezas (cuántas más veces se hayan montado y desmontado mejor encajan) o el tamaño de los dedos del operario debido al reducido tamaño de las mismas.
- Resulta necesario realizar cambios en las instrucciones de montaje proporcionadas por el fabricante tanto para facilitar el mismo como por razones de jugabilidad.
- Las funciones del rol proveedor se verán modificadas de las propuestas inicialmente en LEGO FLOW GAME.
- El tiempo medio de montaje por producto es de 151 segundos, siendo el producto con mayor tiempo es el modelo 300 (excavadora). Este aumento de tiempo se debe no solo al mayor número de piezas en el modelo sino a otros dos motivos principales. En primer lugar al bascular la estructura necesita mayor atención y delicadeza su montaje puesto que puede llegar a desmontarse dicha estructura. Además las piezas que conforman el brazo articulado del modelo resultan bastante similares entre si y por lo tanto se necesita mayor cantidad de tiempo para su ubicación visual.
- Observando los tiempos de montaje de cada producto se puede afirmar que los tiempos iniciales de cada ronda de juego propuestos por los creadores de LEGO FLOW GAME resultan insuficientes para la fabricación de estos productos.

4.2. Modificaciones realizadas

Teniendo en cuenta lo desarrollado en el apartado 4.1 y las conclusiones obtenidas en el mismo parece inviable mantener la mecánica de juego propuesta por los creadores de “THE LEGO FLOW GAME” usando los nuevos modelos (véase apartado 4.1).

Debido a ello se ha decidido en este proyecto fin de máster realizar las modificaciones necesarias para que el desarrollo del juego didáctico pueda tener lugar sin las incidencias que este cambio de modelos provocaría. A su vez y teniendo en cuenta diversos aspectos como pueden ser la fluidez del juego, lo que se busca enseñar o posibles futuros desarrollos se han realizado modificaciones que sin ser estrictamente necesarias se ha considerado que podrían ser interesantes para la realización del juego.

Dichas modificaciones afectarán principalmente a las rondas de juego y a los roles de cada jugador, pero al modificar estos dos parámetros resulta inevitable que otras variables se vean afectadas. Por lo tanto a continuación se explicaran las diferentes modificaciones llevadas a cabo.

4.2.1. Rondas

Se ha decidido que en esta versión de “THE LEGO FLOW GAME” el desarrollo sea ligeramente distinto a lo que la versión original proponía tanto tiempos de juego como en el mecanismo de juego de cada una.

Como modificaciones generales en las rondas de juego cabe destacar que mientras en la versión inicial el paso de la fabricación empleando un sistema push (primera ronda) a la fabricación empleando un sistema pull (tercera ronda) se hacía a través de una ronda intermedia en el que eran los jugadores los que decidían cuantas piezas podrían fabricar en un periodo determinado de tiempo (time-boxed), en esta nueva versión del juego se ha decidido sustituir esta etapa por una ronda en el que el tamaño de los lotes se reduce a dos unidades. Este cambio se ha llevado a cabo buscando que el jugador sea consciente en todo momento de cómo va afectando a los resultados obtenidos esa reducción del tamaño del lote.

A su vez debido al cambio de modelos a montar la duración de las rondas se verá incrementada hasta los 40 minutos pues usar los tiempos propuestos en la versión inicial del juego con estos modelos supondría en muchos casos no llegar a fabricar ni un lote completo lo cual resultaría escasamente didáctico.

Para la realización de estas rondas se ha decidido que en la primera ronda (sistema push) el jugador tenga en su poder las instrucciones de montaje subvencionadas por el fabricante, que como ya se ha adelantado en este TFM no resultaban óptimas para la realización de dicho montaje, tanto en materia de tiempos de montaje como en claridad. La decisión de emplear estas instrucciones en la primera ronda se basa en que se pretende que en este periodo no se disponga de un trabajo estandarizado y optimizado, para que así en la segunda ronda se vea de forma más eficiente no solo las ventajas de trabajar reduciendo el número de piezas por lote sino también las ventajas de una estandarización de las

instrucciones de trabajo debido a que en esta ronda los jugadores de THE LEGO FLOW GAME ya dispondrán de las nuevas tarjetas de juego en las que se habrán modificado los puntos de las instrucciones que generaban problemas y que ya se han comentado en capítulos anteriores de este proyecto fin de máster.

4.2.2. Roles

Debido a las diferencias de tiempo de montaje entre los modelos elegidos para desarrollar en juego y los propuestos inicialmente por los creadores muchos roles sufrirán pequeñas modificaciones. Existirán dos tipos de modificaciones puesto que existirán las que sean estrictamente necesarias por las diferencias de tiempo de montaje y las que sin ser imprescindibles se han considerado interesantes para dotar al juego de mayor fluidez o para evitar tiempos muertos en los distintos roles.

4.2.2.1. Analista

El rol analista no varía mucho del propuesto inicialmente por los creadores de THE LEGO FLOW GAME, en este caso la variación más destacable no afecta directamente a las actividades a realizar en dicho rol, sino más bien a los materiales que tiene a su disposición.

Así pues mientras en la versión original las tarjetas que tenía en su poder solamente mostraban una fotografía del producto a fabricar en esta nueva versión las tarjetas serán de mayor tamaño e impresas a doble cara. El producto a fabricar en cada momento será claramente visible en ambas caras, encontrándose en la primera de ellas (cara proveedor) el despiece de las mismas y en la segunda (cara montador) las instrucciones de montaje.

Por lo tanto en el momento que el analista tenga que numerar las tarjetas en orden creciente, tendrá que hacerlo por los dos lados de la tarjeta logrando así que durante el desarrollo del juego tanto proveedor como montador tengan siempre claro el orden de los productos a fabricar.

4.2.2.2. Proveedor

A diferencia de la versión original, se ha decidido que la labor del proveedor no sea solamente localizar las bolsas con las piezas del producto ya embaladas. Esta decisión se ha tomado debido a que los tiempos de montaje en esta versión del juego son mucho mayores (tiempo medio de 151 segundos según las pruebas realizadas) y se ha considerado que si la misión del proveedor se basaba solamente en localizar las bolsas de montaje ya preparadas esta labor podría ocuparle tan solo un par de segundos y por lo tanto no estar optimizadas las actividades de su puesto.

A su vez debido a que el ensamblaje del conjunto “rueda+llanta” (común en todos los modelos a fabricar) suponía en muchos casos una gran pérdida de tiempo para el montador y considerando que no aportaba valor al proceso de montaje propiamente dicho, este proceso será también misión del proveedor.

Tal y como se ha explicado en la función analista, las tarjetas que circulan durante el transcurso del juego poseen dos caras, por lo tanto el proveedor recibirá del analista la tarjeta por el lado 1 (cara proveedor) y este cuando termine su trabajo tendrá que pasársela al montador por el lado 2 (cara montador).

4.2.2.3. Control de calidad

Este rol no sufrirá modificaciones respecto a la versión original de “THE LEGO FLOW GAME”.

4.2.2.4. Supervisor

Las actividades a realizar por el supervisor se mantienen intactas pero varían los tiempos de las mismas, realizándose por lo tanto los controles de producto en vez de cada 30 segundos cada cuatro minutos.

4.2.2.5. Mercado

El rol mercado no deja de ser un control de calidad externo a la empresa, por lo tanto los parámetros a controlar serán similares a los realizados en el control interno. Puede haber variaciones en los parámetros a controlar si los jugadores que se encarguen de este rol así lo deciden.

4.2.3. Instrucciones de montaje

Tal y como se ha comentado en el apartado 4.2.1 en las dos últimas rondas se emplearán unas instrucciones distintas a las que se usarán en la primera ronda. La aparición de estas instrucciones se debe a la búsqueda de la minimización de los errores durante el proceso gracias a la estandarización del mismo. Dichas instrucciones se utilizarán en las dos últimas rondas y se adjuntan a continuación (Véanse ilustraciones 41, 42, 43 y 44)

4.2.3.1. *Modelo 100: Pala*

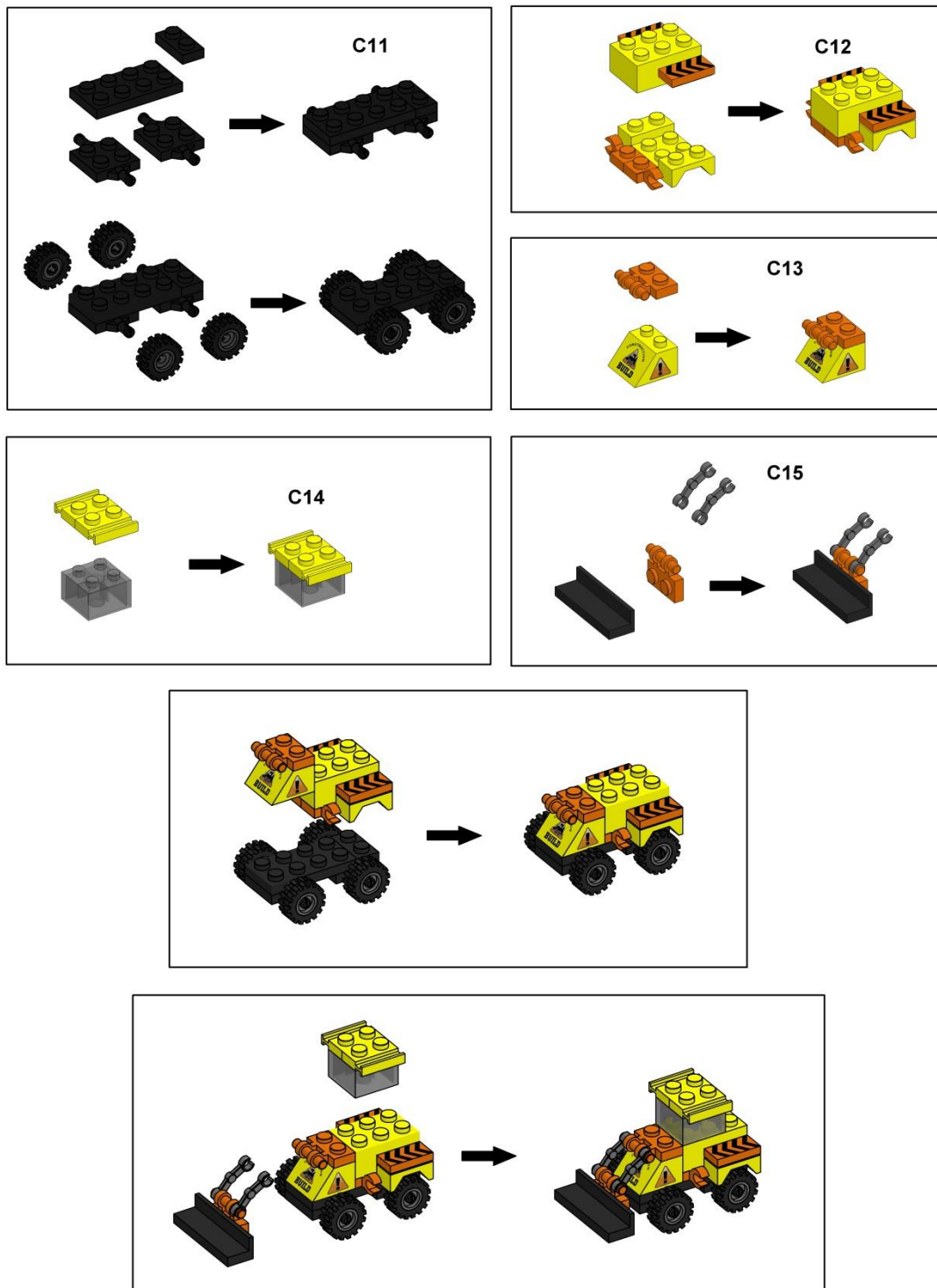


Ilustración 41: Instrucciones de montaje del modelo 100

4.2.3.2. Modelo 200: Dumper

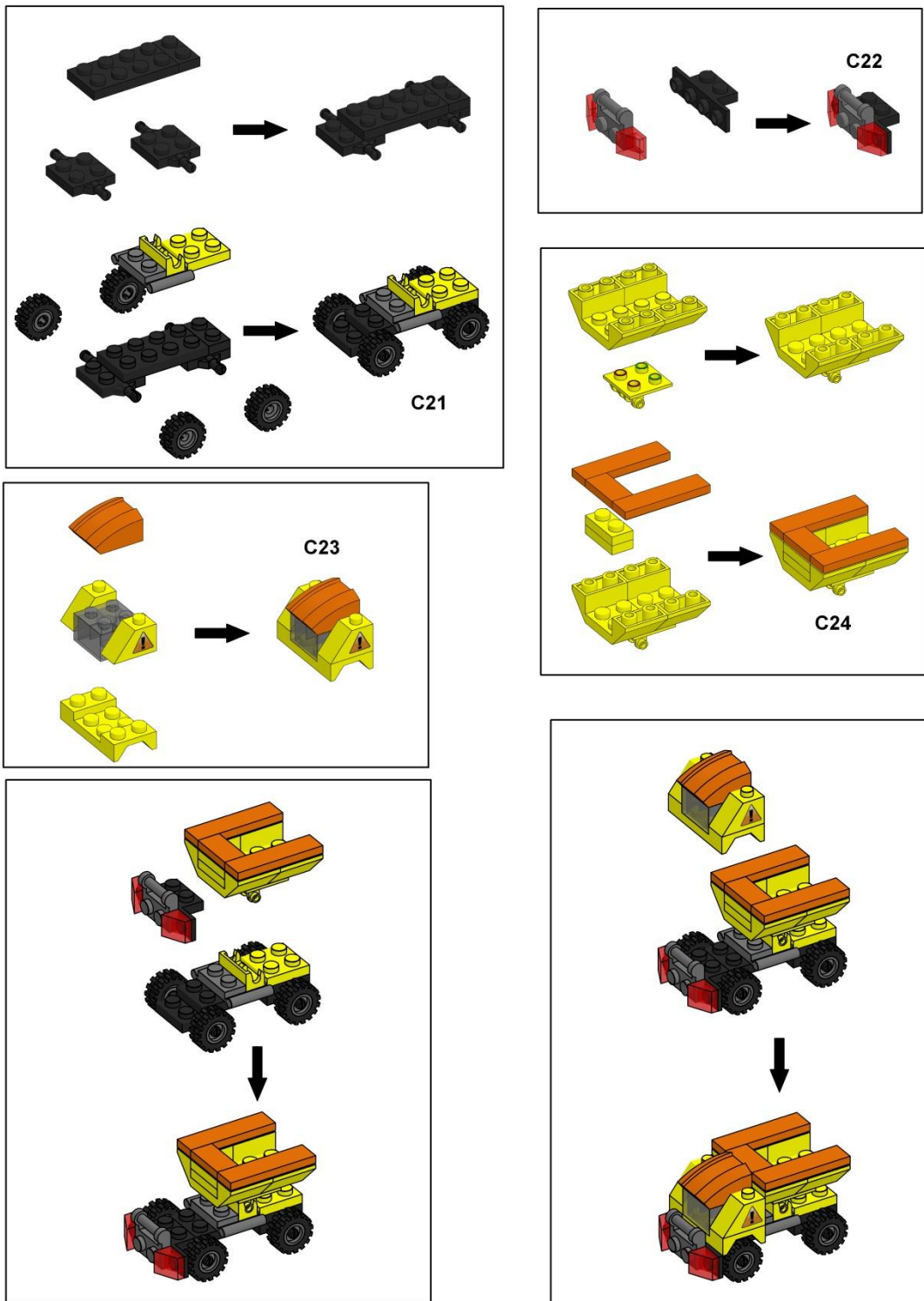


Ilustración 42: Instrucciones de montaje del modelo 200

4.2.3.3. *Modelo 300: Excavadora*

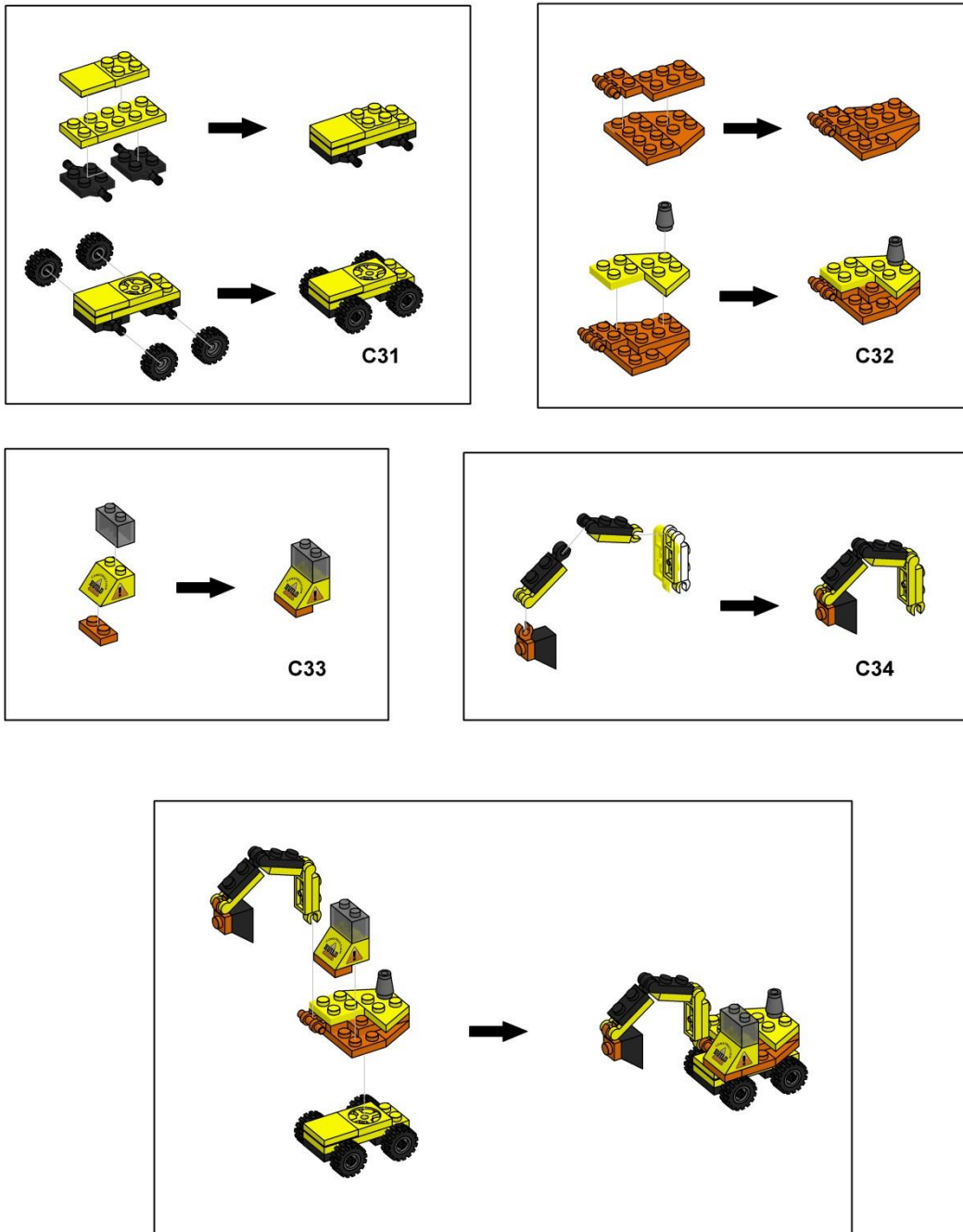


Ilustración 43: Instrucciones de montaje del modelo 300

4.2.3.4. Modelo 400: Hormigonera

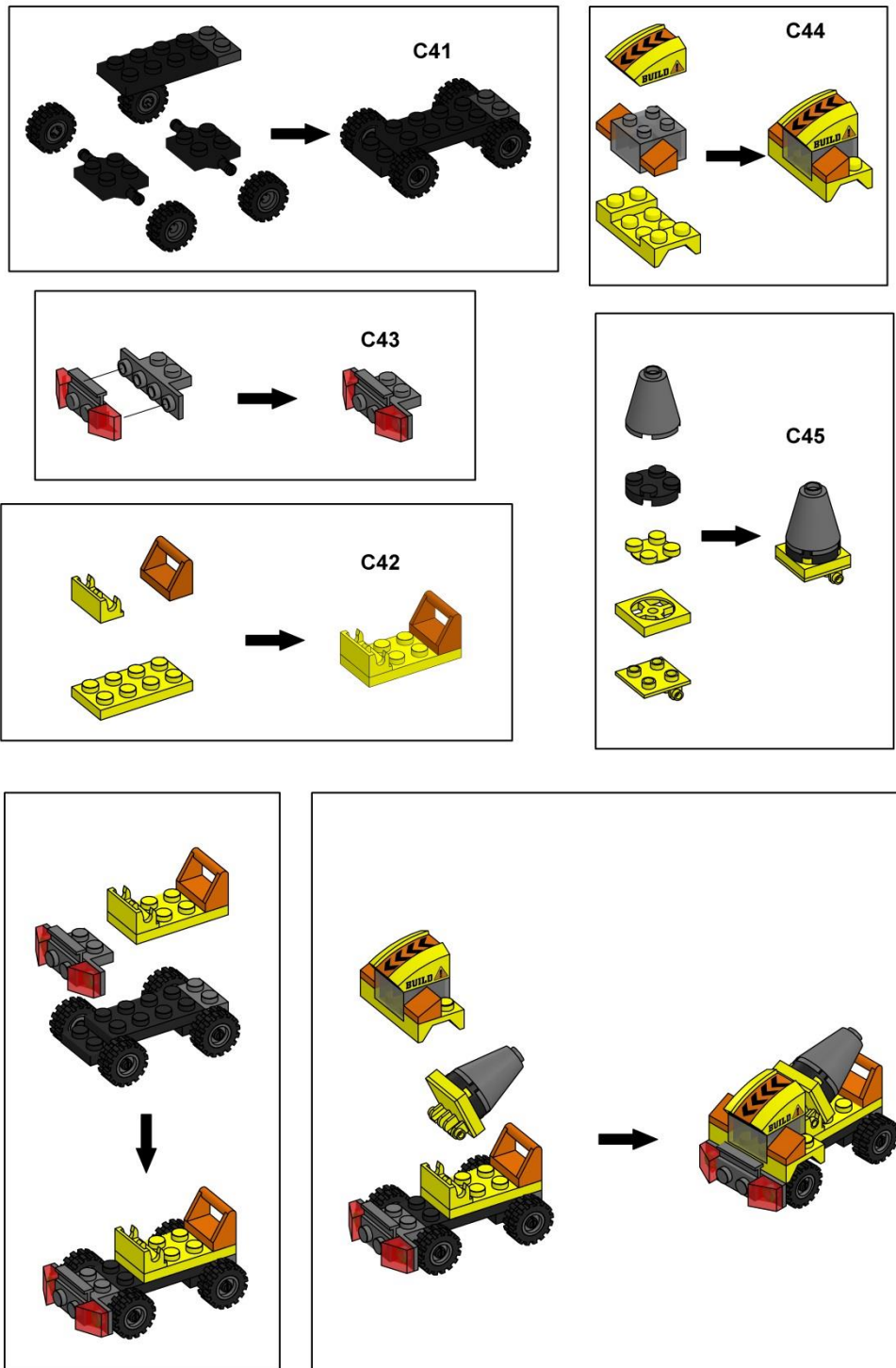


Ilustración 44: Instrucciones de montaje del modelo 400

4.2.4. Tarjetas de juego

Como ya se ha dicho en apartados anteriores en la primera ronda los jugadores tendrán en su poder las instrucciones del fabricante y se utilizará la misma tarjeta tanto para el proveedor como el montador (véase apartado 4.1.2) mientras que para las rondas posteriores se utilizarán las nuevas tarjetas que dispondrán de la información del despiece del producto por el lado que usará el proveedor (véase 4.1.1) y por el otro de las nuevas instrucciones de montaje (apartado 4.2.3).

5. MANUAL DE JUEGO

La finalidad de este juego será enseñar las diferencias entre la producción tradicional en lotes y la utilización de un sistema pull. A su vez se intentará que a medida que se desarrolle el periodo de juego los jugadores vayan adquiriendo diversos conceptos de la metodología lean manufacturing como pueden ser la minimización de los despilfarros, la necesidad de calidad perfecta a la primera, la mejora continua o la flexibilidad entre otros. Para lograr este aprendizaje de conceptos se ha decidido que en la primera ronda (sistema push) no se emplee ninguna mejora con el fin de que al final de dicha ronda, de las mejoras propuestas por los jugadores a raíz de los problemas encontrados durante el desarrollo de la ronda se adquiera una primera aproximación a lo que las técnicas lean proponen.

Para el correcto desarrollo del juego será necesario dejar claro las reglas y limitaciones existentes durante el desarrollo del mismo y esta será la misión de este capítulo del TFM.

5.1. Materiales necesarios para la realización del juego.

Antes de comenzar a jugar será necesario que el coordinador de cada equipo (puede ser el encargado de dirigir la actividad el que dirija a los dos grupos o un miembro de cada equipo el que se encargue de la coordinación) tenga en su poder tanto las instrucciones de juego como la hoja de cálculo que se muestra a continuación en la tabla 10.

	Tiempo en minutos									
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Analista										
Proveedor										
Montador										
Control de calidad										
Producto terminado										

Tabla 10: Hoja de cálculo de resultados obtenidos

Por otro lado cada equipo (mínimo cinco personas por equipo) antes de comenzar el juego necesitarán los siguientes materiales:

- Tarjetas de juego (20 por ronda): Serán distintas entre la primera ronda y las dos últimas.
- Piezas de juego
- Tarjetas en blanco (40).
- Clips
- 3 plantillas de la hoja de cálculo que usará el coordinador del juego (una para cada ronda).
- Bolígrafos
- Cronómetro
- Bolsas plásticas.
- Cajas con compartimentos.

5.2. Rondas de juego

Tal y como se ha adelantado en la introducción de este capítulo los sistemas de producción en este juego varían según la ronda que se esté desarrollando y por lo tanto cambiarán los roles a desarrollar por cada jugador así como las normas de cada una. Todas las rondas tendrán una duración de 40 minutos.

Al final de cada ronda una vez finalizados los 40 minutos de juego, los datos recogidos durante la misma serán pasados a una hoja de cálculo con el fin de obtener su representación gráfica y motivar un debate entre los jugadores sobre cómo mejorar dichos resultados.

Es importante resaltar también que aunque en estas instrucciones de juego se explican los roles suponiendo que solo existe una persona en cada uno, de estos debates post-ronda podría salir la idea de meter en algún rol o en todos más trabajadores. Será el coordinador de juego el que decida si estas ideas son viables o no, y si en caso de no serlo merecen ser probadas para que el jugador descubra empíricamente los resultados de cada propuesta.

5.2.1. Ronda 1

El funcionamiento de esta ronda se basa en la clásica producción por lotes o sistema push, por lo tanto se estipulará el número de productos por lote en cinco unidades, lo cual implica que no se podrá pasar el material a la siguiente etapa del proceso hasta que las cinco unidades de producto estén terminadas para así pasar el lote completo.

En esta ronda cada etapa del proceso es independiente y con las actividades de cada rol perfectamente limitadas, esto quiere decir que ningún trabajador podrá ayudar a otro que tenga distinto rol en el juego aunque su trabajo haya sido terminado.

Para la realización de esta ronda se utilizarán las 20 tarjetas que se corresponden con el modelo mostrado a continuación (Instrucciones del fabricante) y antes de comenzar la

producción ambos equipos deberán llegar a un acuerdo sobre en qué orden van a fabricar los distintos lotes de modelos, debido a que las diferencias de tiempos de montaje existente entre ellos podrían suponer que si un equipo empezase a fabricar el modelo con menos tiempo de montaje (modelo 100: Pala) y el otro por el que más tiempo requiere (modelo 300 excavadora) al terminar la ronda podría haber una diferencia enorme en el número de productos fabricados entre los equipos. Esta diferencia se hará especialmente notable en esta ronda debido a la imposibilidad durante la misma de pasar la producción al siguiente puesto hasta estar el lote de cinco unidades terminado.

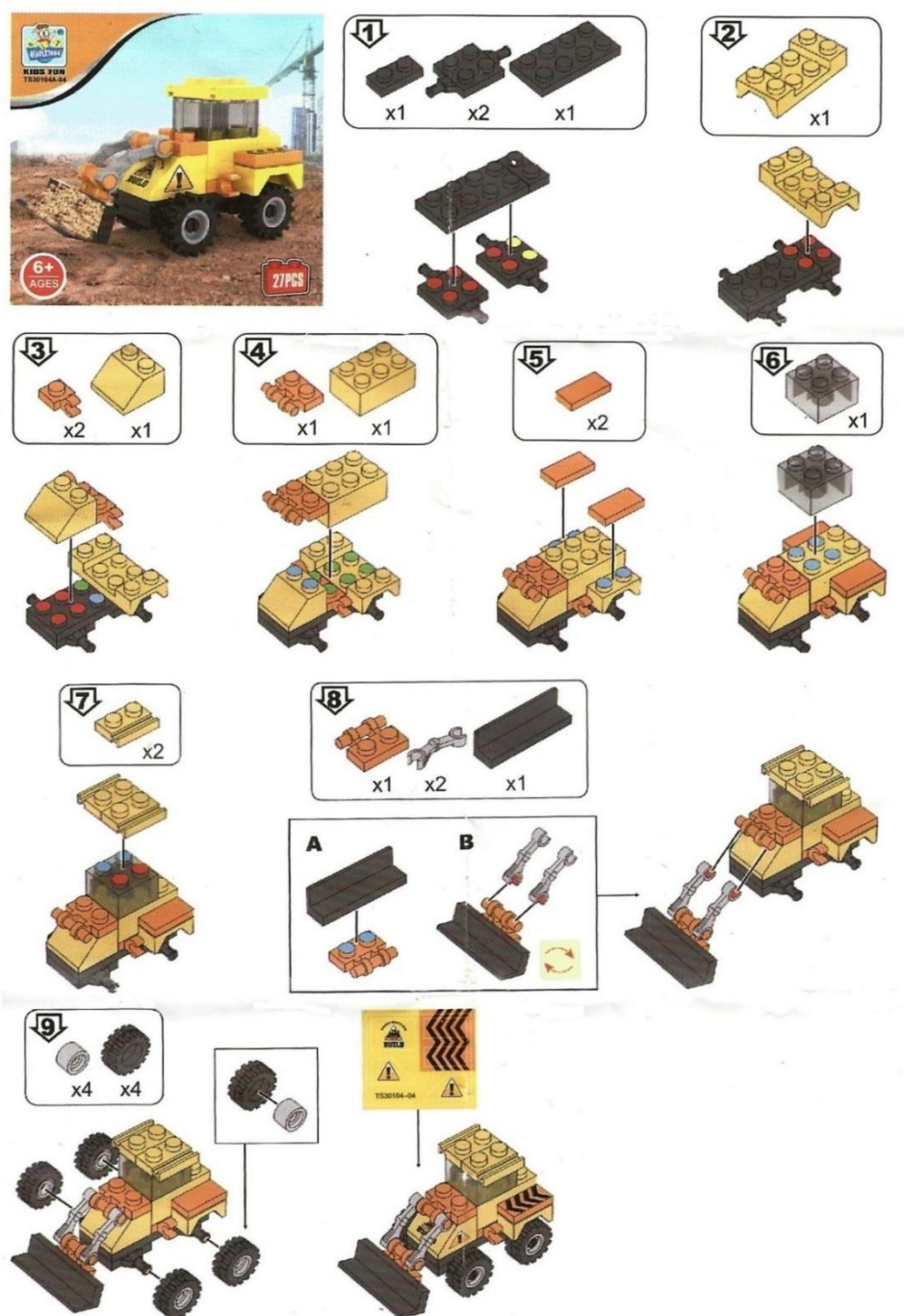


Ilustración 45: Ejemplo tarjeta de juego ronda 1.

Tal y como se puede ver en la ilustración 45 las tarjetas de juego de esta ronda coinciden con las instrucciones de montaje subvencionadas por el fabricante de las piezas a montar. Tal y como se puede observar los pasos de montaje aparecen numerados y encima de cada uno aparece el número de piezas que se va a necesitar para cada paso, esto será de gran utilidad para que el proveedor prepare las bolsas de piezas que va a enviar al montador.

Las funciones de cada miembro del equipo se detallan en los siguientes apartados.

5.2.1.1. Analista

Para poder realizar las actividades asignadas a este rol, el analista necesitará tener en su poder las tarjetas de juego barajadas en un único montón, así como las tarjetas en blanco, un bolígrafo y los clips.

En esta ronda al tener que producir por lotes de cinco unidades tendrá que escoger entre sus tarjetas de juego las correspondientes a los lotes acordados antes de la ronda con el otro equipo, sin olvidar que necesitará cinco tarjetas para cada lote.

Una vez escogidas las cinco primeras tarjetas, será necesario que escriba en las tarjetas en blanco el número correspondiente al orden que ese modelo ocupará en la producción y los añada a la tarjeta de juego con un clip. Cuando tenga las tarjetas de juego correspondientes a cada lote numeradas correctamente, deberá pasar el lote completo al proveedor.

5.2.1.2. Proveedor

El proveedor tendrá que tener acceso a las piezas de juego en todo momento, y su misión en esta fase será preparar lotes de cinco unidades de cada pieza y meterlas en las bolsas plásticas destinadas a ello.

Para ello debe de ver en la tarjeta recibida las unidades necesarias de cada pieza y una vez preparados los paquetes, deberá pasar las bolsas y las tarjetas de juego al montador.

5.2.1.3. Montador

Una vez recibida la tarjeta por parte del proveedor su misión será montar el producto siguiendo las instrucciones dadas en la misma. Una vez terminado el lote según las especificaciones pasará las tarjetas de juego y los cinco productos al control de calidad interno.

5.2.1.4. Control de calidad interno

En este control de calidad se comprobará que los productos recibidos del montador coinciden con los pedidos por el analista tanto en el modelo fabricado como en las especificaciones que la tarjeta de juego indicaba. Es decir se comprobará que se ha fabricado lo que tenía que fabricarse y cumpliendo los requisitos que dicha fabricación requería.

Se comprobará también la robustez y la calidad del producto comprobando que todas las piezas han sido perfectamente encajadas de forma que no queden holguras entre ellas.

Si estos controles de calidad dan como resultado que el producto cumple las especificaciones marcadas se clasificarán como productos terminados y en caso contrario serán clasificados como productos rechazados y retenido en el lugar donde se produce esperando con esto que todo el trabajo se haga bien a la primera.

5.2.1.5. El supervisor del juego.

La persona encargada de supervisar el juego necesitará un cronometro, las plantillas para anotar los resultados y un bolígrafo. Su trabajo consistirá en controlar el proceso y asegurarse de que se cumplen tanto las reglas de juego como las políticas estipuladas para esta ronda. Puede encargarse también de controlar el tiempo del equipo, parando y comenzando las rondas e informando de cuánto tiempo llevan consumido los equipos aunque normalmente esto último suele ser misión del coordinador del juego.

El supervisor se encargará también de capturar las métricas anotando en la plantilla cuantos productos se han llegado a fabricar en cada etapa del proceso cada cuatro minutos. El número de productos incluye todos los elementos tanto si se encuentran en cola, en curso o listos para la entrega a la siguiente etapa.

Al pasar los resultados de la plantilla a la hoja de cálculo y realizar la representación gráfica de los mismos, se obtendrá una gráfica similar a la mostrada en la ilustración 46 adjunta a continuación.

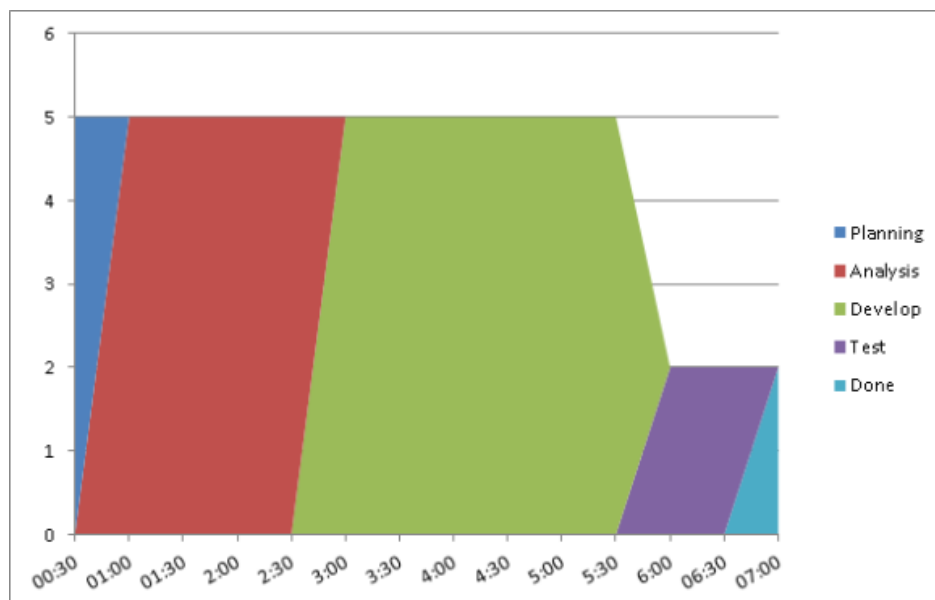


Ilustración 46: Gráfica ejemplo ronda 1

La ilustración 46 es un ejemplo de la representación gráfica que se obtendrá, aunque como se puede ver en la misma los tiempos de muestreo son un poco distintos a los que se emplearán en la nueva versión del juego. Esto se debe a que la imagen pertenece a una métrica capturada en la versión original del juego (En la que se jugaba con otro tipo de

montajes), pero el tipo de gráfica obtenido será el mismo. Es importante resaltar que los resultados a nivel tiempos y unidades montadas van a variar de una partida a otra según las habilidades de los montadores, sin embargo las conclusiones a extraer de dicha representación gráfica serán las mismas.

Los roles analista, proveedor y montaje estarán sobrecargados de trabajo durante toda la partida, soportando tiempos de espera elevados sobre todos en el primer lote de montaje. Al final de la ronda el número de productos terminados será pequeño para el tiempo invertido.

5.2.1.6. Mercado

Este rol es **opcional** pero puede resultar de gran utilidad, puesto que no resulta extraño que los encargados de desarrollar el control de calidad interno a veces acepten productos como buenos que deberían haber sido tratados como productos rechazados. Este error puede ser cometido tanto por fallos en el control como por el deseo de que sea su equipo el que gane el juego produciendo mayor número de productos “buenos” en el mismo intervalo de tiempo. Por lo tanto teniendo un doble control de calidad que actúe de forma independiente a los deseos de cada equipo, el proceso puede controlarse mejor y ayuda a esclarecer defectos que de otra forma podrían permanecer ocultos. Además este rol puede generar una discusión razonada sobre la calidad e idoneidad de este producto para los deseos del mercado.

Para desarrollar correctamente este rol, será necesario buscar voluntarios para representarlo y formarlos en privado para que puedan comprobar los productos terminados, así como para poner en común los criterios a seguir para considerar o no si un producto es idóneo para los deseos del mercado.

Debe quedar claro que será el mismo mercado el que valore los elementos producidos por cada equipo.

5.2.2. Ronda 2

La finalidad de esta ronda es ir reduciendo el número de productos por lote con el fin de conseguir poco a poco una introducción al one piece flow que se realizará en la última ronda.

Los principales cambios que se producen en esta ronda respecto a la anterior son que el número de unidades por lote se reducirá a dos unidades y que con el fin de estandarizar el trabajo se usarán distintas tarjetas de juego para reducir errores de montaje y reducir tiempos.

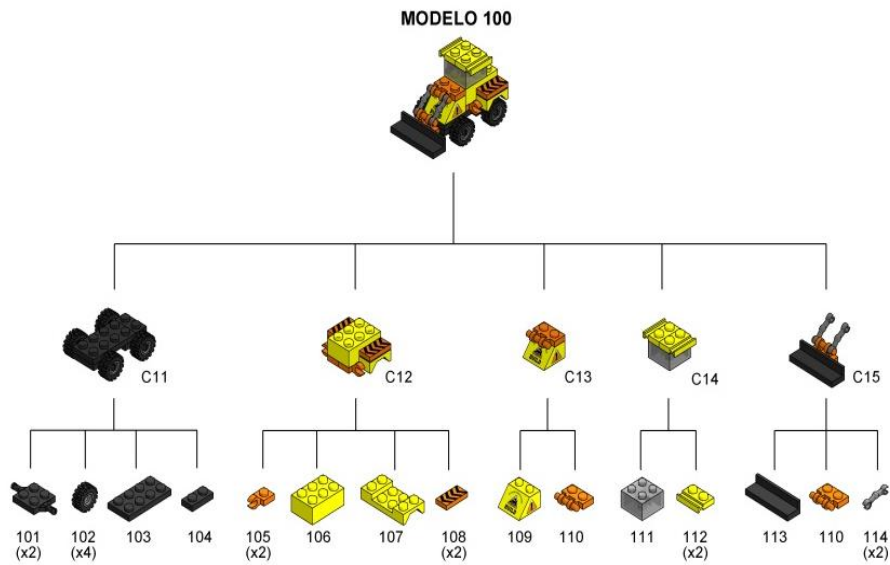


Ilustración 47: Tarjeta de juego ronda 2 y 3. Cara proveedor

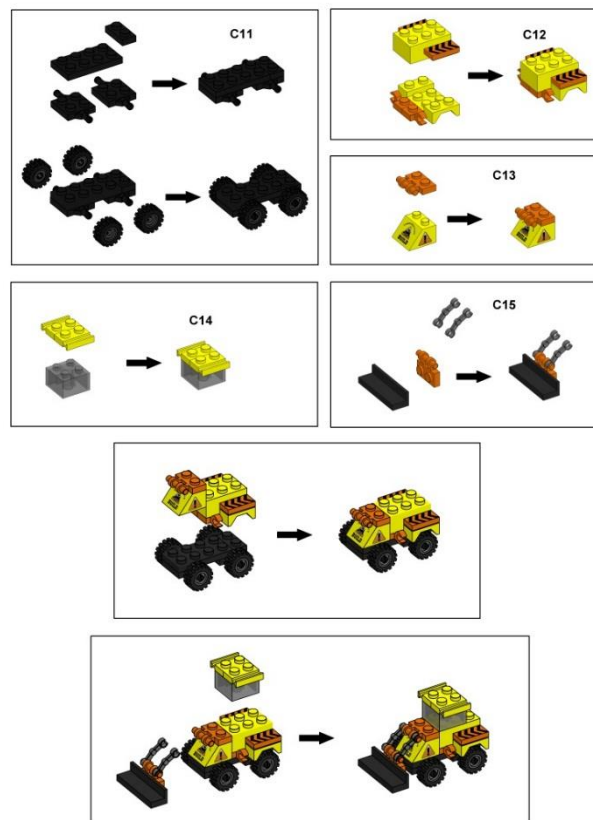


Ilustración 48: Tarjeta de juego ronda 2 y 3. Cara montador

Como se puede ver en las imágenes anteriores dichas tarjetas poseen dos caras, una destinada al proveedor (ilustración 47) y otra al montador o montadores (ilustración 48) Por lo tanto el analista tendrá que numerar cada tarjeta por ambas caras (empleando para ello igual que en la ronda anterior tarjetas en blanco y clip) y una vez numerado el lote de dos tarjetas,

pasarlas al proveedor de forma que la cara proveedor (con el despiece de los modelos) quede siempre boca arriba.

Cuando el proveedor termine su lote de dos unidades, girará las tarjetas y se las pasará al montador junto con las bolsas de piezas correspondientes de forma que las instrucciones de montaje queden boca arriba.

El resto de roles y normas permanecen igual que en la ronda uno.

La representación gráfica obtenida en esta ronda será similar a la de la ronda dos, con la diferencia que al ser el número de unidades por lote mucho menor, los productos pasaran de un rol a otro cada menos tiempo y por lo tanto en el mismo tiempo se producirán más unidades de producto terminado, además se reducirán considerablemente las esperas entre puestos.

Estas diferencias respecto a la primera ronda, deberían llevar a los jugadores a pensar en que cuanto menor es el número unidades por lote, mejores resultados se obtienen. Por lo tanto la conclusión lógica al final de la ronda, sería eliminar la producción por lotes y fabricar en un sistema pull.

5.2.3. Ronda 3

En esta ronda el sistema de producción será un sistema de producción pull en el que se introduce un límite de un WIP de un elemento por cada etapa de juego. Esta limitación afectará tanto a los productos que se estén procesando como a los que ya están completos y listos para el trabajo en la próxima etapa. Por consiguiente se estará trabajando en un sistema pull muy básico, de forma que solamente cuando una etapa está vacía se puede tirar de un producto listo procedente de la etapa anterior. Esto implicará por ejemplo que cuando el proveedor ha terminado su trabajo en un producto, no podría pasar ese producto al montador y comenzar un nuevo producto con las instrucciones del analista hasta que sea el montador el que termine su trabajo en el producto, lo pase al control de calidad y le pida al proveedor el siguiente producto a montar.

Al trabajar en one piece flow, se considerará que también se está haciendo con trabajadores flexibles y formados de forma que aunque las actividades primarias asociadas a cada rol siguen siendo la prioridad, los miembros del equipo pueden ayudarse unos a otros si no hay nada que hacer en su puesto de trabajo. Los productos que el control de calidad haya rechazado pueden retroceder y ser corregidos.

Como el mecanismo del juego cambia drásticamente en comparación con las rondas anteriores las actividades propias de los roles analista y proveedor también se verán ligeramente modificadas en etapa.

El resto de los roles permanecerán igual con la diferencia que podrían llegar a ayudar a otros roles en caso de que fuese necesario.

La representación gráfica obtenida será similar a la mostrada a continuación (ilustración 49):

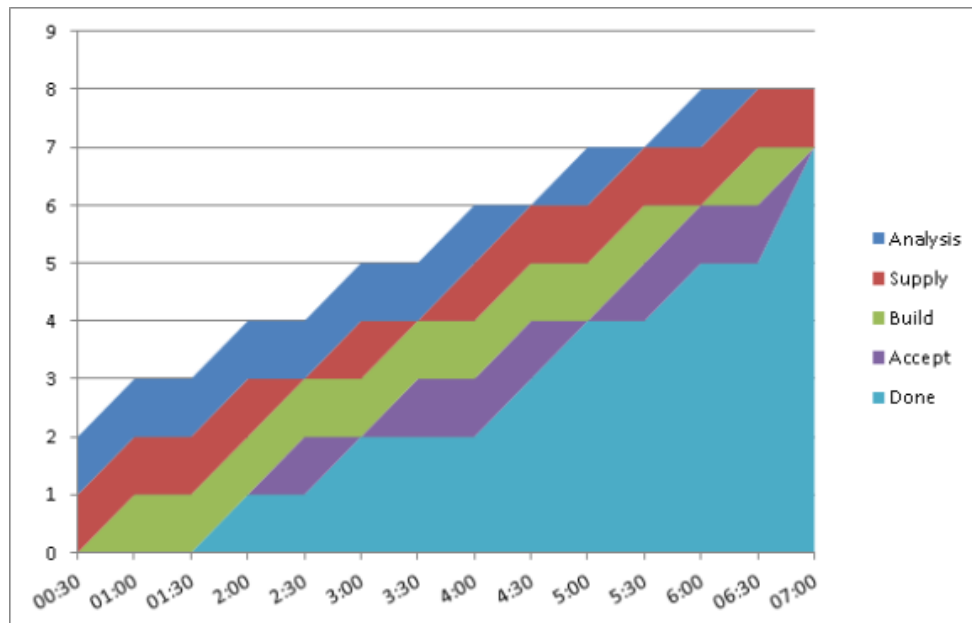


Ilustración 49: Representación gráfica ronda 3

En esta ronda, al estar fabricando empleando un sistema one piece flow se puede observar claramente en la representación gráfica que exceptuando el número de productos terminados que si que va aumentando, el resto de puestos solo tendrán en su poder un máximo de una unidad de producto, lo cual reduce considerablemente tanto el tiempo que tarda en pasar el producto de una ronda a otra como la inversión necesaria de recursos para fabricar el mismo número de productos.

5.2.3.1. *Analista*

En esta ronda como se va a fabricar en un sistema pull y se acabará realizando un mix de la producción será innecesario que los equipos lleguen antes de la ronda a ningún acuerdo sobre qué van a fabricar. Para evitar que se fabriquen primero los productos con menor tiempo de fabricación, el analista tendrá que tener sus tarjetas de juego bien barajadas en un montón e ir cogiéndolas por orden.

La numeración de dichas tarjetas se realizará igual que en la ronda dos (por ambos lados de la tarjeta) y se pasara al proveedor de forma que el despiece quede siempre en la parte superior.

5.2.3.2. *Proveedor*

La misión del proveedor en esta etapa será ligeramente distinta a las anteriores, mientras que hasta el momento el proveedor preparaba lotes de piezas, en esta fase preparará kits, de forma que en la bolsa plástica que pasará a la siguiente etapa vayan todas las piezas necesarias para el montaje del modelo que corresponda en cada momento. Es importante decir que para que esta fase sea lo más fluida posible se recomienda sustituir las bolsas plásticas empleadas en fases anteriores por cajas organizadoras con separadores como las mostradas en ilustración 50, para facilitar la misión tanto del rol proveedor como la de los montadores.



Ilustración 50: Caja de ordenación

Al igual que sucedía en la ronda 2, pasará la tarjeta de juego al montador de forma que las instrucciones de montaje queden en la parte de arriba de la misma y conjuntamente con la bolsa o caja del kit de piezas necesarias para montar cada modelo.

5.2.3.3. *Distribución óptima propuesta*

En esta fase al ser el ejemplo por excelencia de un sistema pull, se ha intentado estandarizar todavía más el proceso de lo que se había hecho para la ronda dos. Para ello en esta ronda además de añadir las instrucciones necesarias para simplificar el montaje de los modelos divididos en conjuntos, se añaden en esta ronda unos diagramas sinópticos en los cuales el director del juego o supervisor podrá ver la distribución de tareas óptima propuesta por el realizador del juego para cada modelo.

Es importante que esta distribución ha resultado óptima con los tiempos medidos durante las pruebas de juego, pero en cada partida esto puede cambiar debido a que los jugadores no tienen que obtener obligatoriamente los mismos tiempos de montaje.

Además como la finalidad del juego es que los jugadores aprendan jugando, y que saquen sus propias conclusiones en las rondas de debate al final de cada ronda de juego, esta no tiene que ser la distribución que ellos escojan para la realización de dicha ronda

Teniendo en cuenta esto a continuación se muestran los diagramas de sinópticos creados con tal fin.

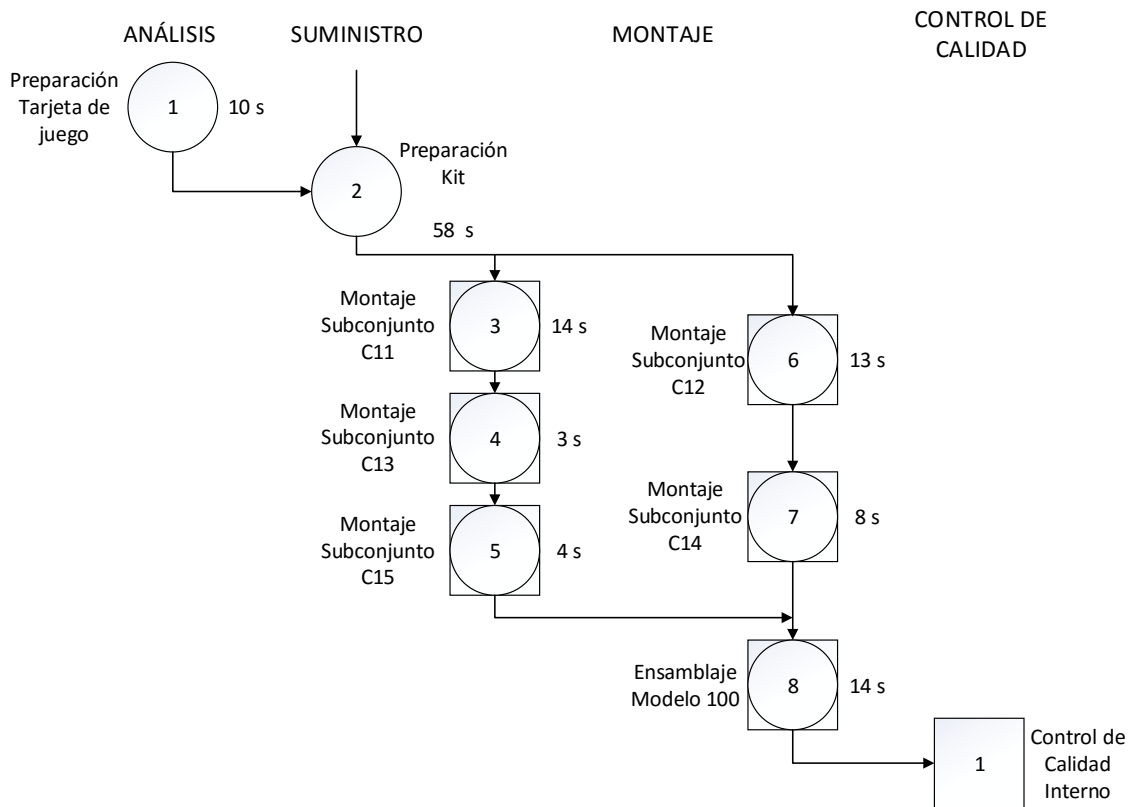


Ilustración 51: Diagrama sinóptico modelo 100

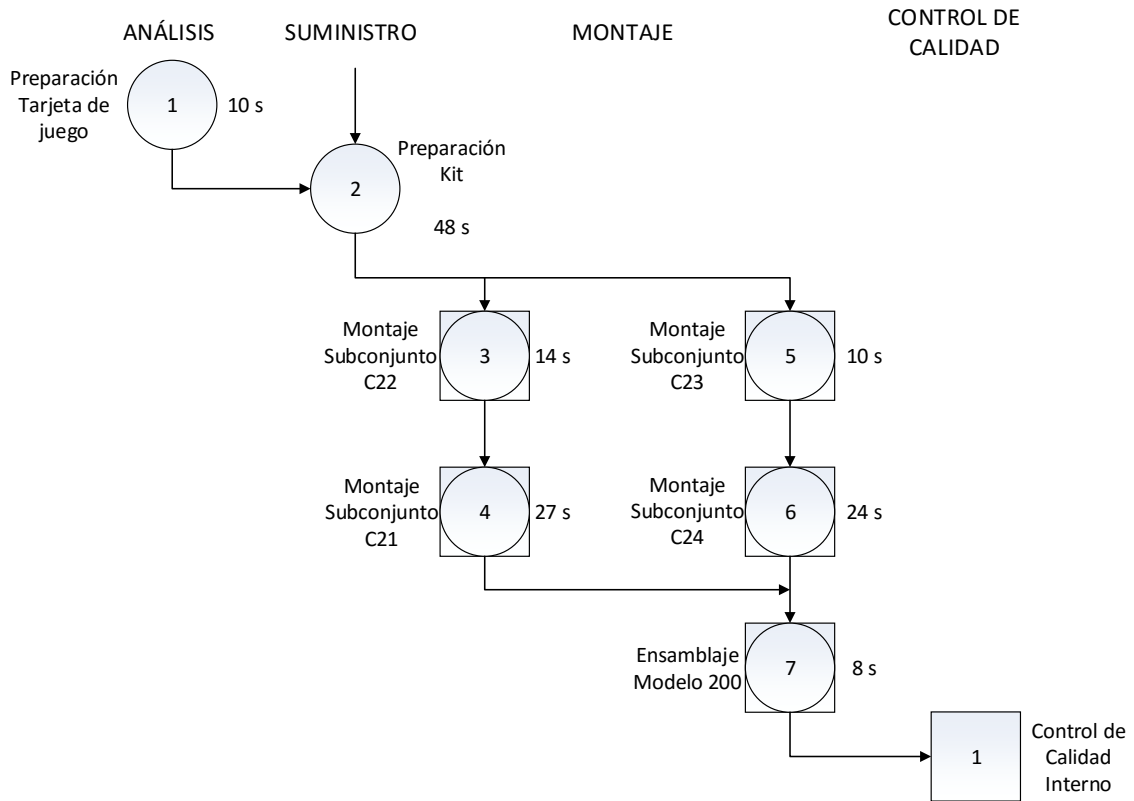


Ilustración 52: Diagrama sinóptico modelo 200

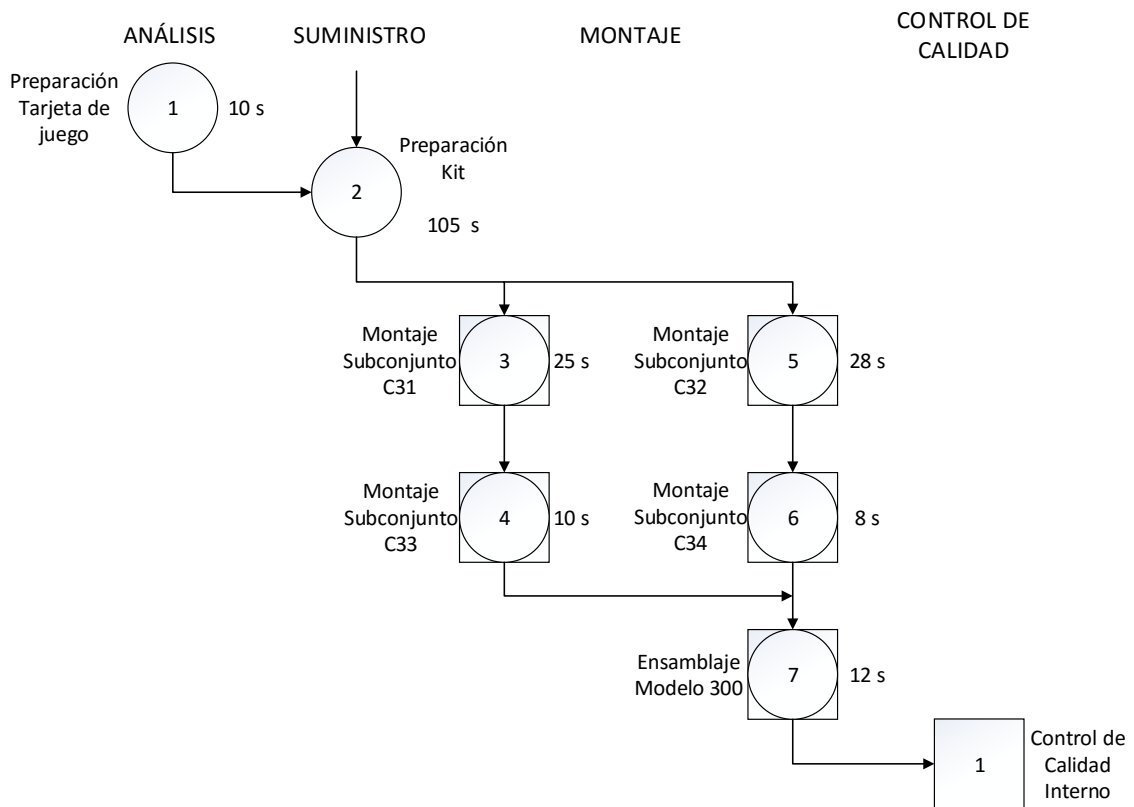


Ilustración 53: Diagrama sinóptico modelo 300

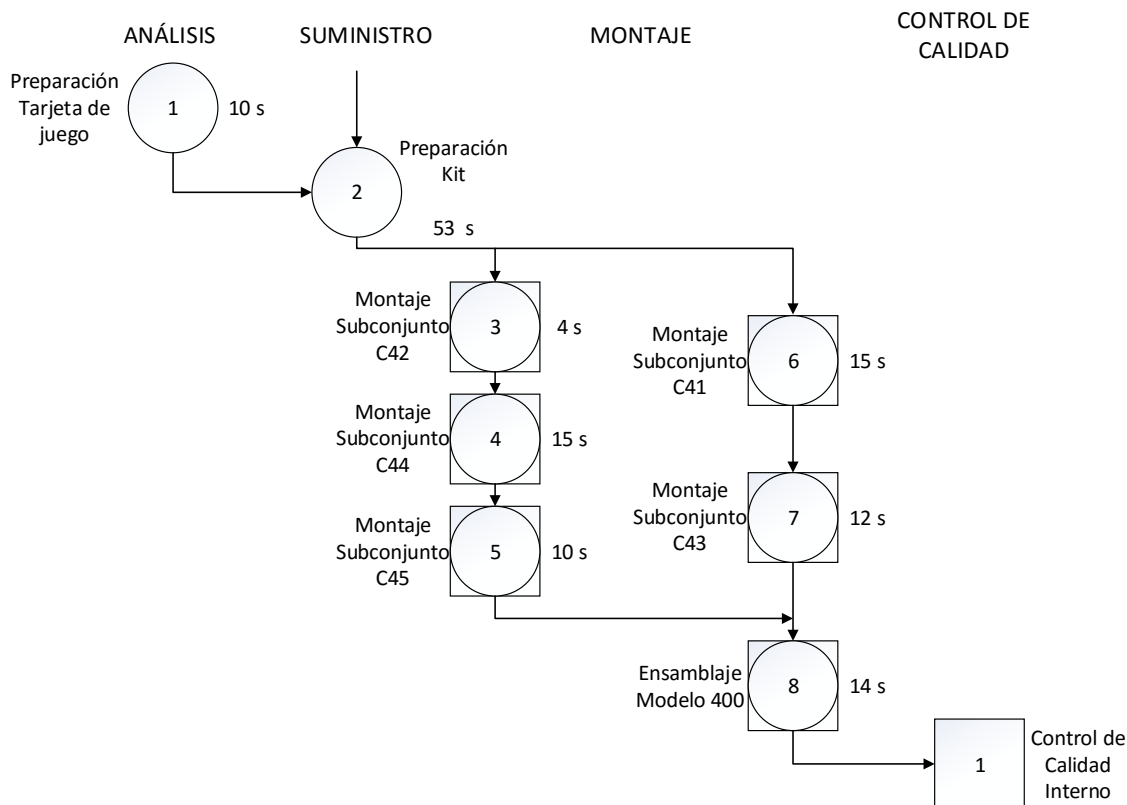


Ilustración 54: Diagrama sinóptico modelo 400

Como se puede ver en los diagramas sinópticos anteriores en todos ellos se ha prescindido de colocar el rol mercado. Esto se debe a que al tratarse de un rol optativo se ha considerado innecesaria su inclusión, con el fin de conseguir un diagrama estandarizado que sirviese para todas las partidas que se jugasen. Es importante tener en cuenta que en caso de decidir jugar con el rol mercado se trataría de un simple control de calidad externo colocado justo después del control de calidad interno.

Se puede observar también que en todos los diagramas la configuración propuesta propone dos montadores. Esta decisión se ha tomado para que el montaje no generase en ninguno de los casos un cuello de botella, si bien es cierto que en alguno de los casos el tiempo de preparación que necesita el proveedor y el de montaje del producto se aproximaban bastante siempre era el montador el que necesitaba más tiempo. Además en algunos modelos como la grúa el tiempo de montaje era significativamente superior al del proveedor.

Teniendo en cuenta esto, podría haberse decidido que según el modelo a fabricar se utilizase un montador o dos, sin embargo al tratarse de un juego didáctico y al estar fabricando en esta ronda utilizando un mix de producción, a nivel jugabilidad resultaba ridículo y caótico ir cambiando el número de jugadores según el modelo a fabricar.

6. ESTUDIO ECONÓMICO

La finalidad de este capítulo será la realización de un estudio económico para la contabilización de los costes que supondría el desarrollo de este juego didáctico, desde el momento que surge la idea de crearlo hasta el momento en el que el juego este operativo para ser jugado. Esto supone que se estudiarán en este capítulo diversos tipos de coste como pueden ser materiales, equipos informáticos, coste de personal, alquiler de locales, costes de desarrollo, etc.

Al tratarse de un proyecto fin de máster el trabajo ha sido realizado por una persona, titulada en Ingeniería Técnica Industrial y se supondrá que ya tiene la titulación del máster oficial en logística de la Universidad de Valladolid en su poder. Para el cálculo de los costes se supondrá también que dicha persona está dada de alta en el régimen de autónomos pertinente, trabajando por cuenta ajena para la Universidad de Valladolid.

Se ha considerado también que para alguna fase del proyecto (Véase apartado 6.1) la realización de ciertas labores por parte del ingeniero titulado era innecesaria y por lo tanto un desaprovechamiento de recursos. Debido a esto para esas fases se ha contratado a un auxiliar administrativo para la realización de dichas tareas.

6.1. Etapas de desarrollo del proyecto

Será de vital importancia identificar las etapas que han intervenido en el diseño y creación de este juego didáctico para así poder conocer los costes en los que se ha incurrido durante cada una de ellas. Esta división del proyecto en etapas puede ser una labor muy subjetiva y es probable que la realizasen dos personas distintas, no resultase una clasificación única.

Teniendo en cuenta esto, la división por etapas que se ha escogido para este proyecto será la siguiente:

1) TOMA DE DECISIÓN DE ELABORAR UN JUEGO DIDÁCTICO COMO TFM

En esta etapa se realiza un estudio sobre las diversas opciones disponibles para realizar un proyecto fin de máster entre las opciones propuestas por el director de máster y entre las opciones realizadas por alumnos de cursos pasados. Este estudio se realizará con la finalidad de encontrar una idea u opción que se ajuste tanto a los contenidos cursados durante la realización del máster como a las inquietudes de la persona que realizará el proyecto.

2) PUESTA EN COMÚN CON DIRECTOR DE MÁSTER Y DETECCIÓN DE NECESIDADES.

Durante esta etapa, una vez decidido en la fase anterior que el TFM consistirá en la creación de un juego didáctico se valorará con el director de máster las opciones disponibles y los diversos conceptos que sería interesante poder enseñar o fijar a los alumnos de cursos siguientes a través de dicho juego.

3) RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Durante esta fase se ha recopilado toda la información necesaria para la realización del juego didáctico. Esta recopilación de información se ha basado principalmente en estudiar por un lado otros juegos ya existentes que enseñasen los principios lean que se querían transmitir con la realización de dicho juego, y por otro en obtener información sobre técnicas lean manufacturing y sobre técnicas educativas basadas en aprender jugando.

Esta información será necesaria para conseguir que el proyecto llegue a buen puerto y cumpla el objetivo buscado, que no es otro que conseguir que los jugadores aprendan a la vez que se divierten.

4) FASE DE DISEÑO Y CREACIÓN

En esta fase de diseño se ha estudiado la información recopilada en la fase anterior y se ha diseñado el nuevo juego para que cumpliera con las necesidades marcadas. En esta fase se incluyen labores como la elección de los modelos de juego y el estudio de las limitaciones que estos provocaban, o las mejoras que el juego necesitaba para ser más jugable o fluido.

Se incluye también en esta fase la realización física del juego y de las piezas o tarjetas que son necesarias para su ejecución. Aunque inicialmente estas fases de diseño y creación podrían separarse en dos etapas distintas, se ha decidido que sean la misma fase puesto que por las características del juego, una vez realizado el diseño era necesario crearlas físicamente para comprobar si realmente cumplían su cometido y poder seguir diseñando el siguiente paso.

5) GENERACION DE DOCUMENTACIÓN Y ENTREGA

En esta fase se ha incluido la redacción del proyecto fin de máster y la entrega del mismo.

6.2. Costes procedentes de las horas efectivas anuales y tasas horarias de personal.

En este apartado se calcularán los costes procedentes de las horas efectivas de trabajo teniendo en cuenta el Estatuto de los trabajadores que en su artículo 34 indica que la duración de la jornada de trabajo nunca podrá ser superior a 40 horas semanales de trabajo efectivo en cómputo anual.

Para este apartado se citará también la Directiva 2003/88/CE y la definición que esta da sobre tiempo de trabajo efectivo que es la siguiente:

“todo período durante el cual el trabajador permanezca en el trabajo, a disposición del empresario y en ejercicio de su actividad o de sus funciones, de conformidad con las legislaciones y/o prácticas nacionales”,

Teniendo en cuenta estos conceptos se calcularán los costes procedente de estas horas de trabajo efectivo, dichos cálculos se pueden ver en la tabla 11.

DÍAS EFECTIVOS POR AÑO	
Días por año	365
Días de vacaciones	30
Días festivos	14
Sábados y Domingos	95
Días de asuntos propios	2
Días de formación complementaria	5
TOTAL DIAS EFECTIVOS ANUALES	219
Horas de trabajo diarias	8
TOTAL HORAS EFECTIVAS ANUALES	1752

Tabla 11: Horas de trabajo efectivas anuales

Para calcular el coste de cada hora efectiva del Ingeniero que realiza el proyecto en régimen de autónomos se ha presupuestado un sueldo bruto para el mismo de 1800 euros mensuales y la base de cotización mínima en el régimen de autónomos que asciende a 267.03 euros cada mes.

Para el cálculo del coste de personal perteneciente al auxiliar administrativo se ha supuesto un sueldo de 900 euros mensuales y un pago de seguridad social por parte de la empresa de un 32% de dicha cuota. Véase la tabla 12 mostrada a continuación:

COSTES DE PERSONAL		
Sueldo bruto	21600	Ingeniero
Seguridad social	3204,36	
Coste total /año	24804,36	
Coste total persona/hora	14,15	
Sueldo bruto	10800	Auxiliar administrativo
Seguridad social	3456	
Coste total /año	14256	
Coste total persona/hora	8,13	

Tabla 12: Costes de personal

6.3. Amortización de equipos informáticos

Para calcular la amortización de equipos informáticos usados durante la realización de este proyecto se ha considerado un periodo de amortización para los mismos de 4 años y lineal, considerando que tanto el software como el hardware tendrán la misma vida útil.

Tal y como se puede ver en la tabla 13, para la realización del proyecto se ha optado por la compra de un ordenador de sobremesa DELL OPTIPLEZ 5040 en cuyo precio ya viene incluido Windows 10 y un teclado y un ratón. A su vez se han adquirido las licencias necesarias de Microsoft Office profesional 2016 y Solidworks profesional. Debido a la gran cantidad de impresiones que se han necesitado para el desarrollo de este juego didáctico se ha considerado imprescindible para la realización del mismo la adquisición de una impresora multifunción láser.

AMORTIZACIÓN (€)		
Concepto	Importe	Amortización anual
DELL Optiplex 5040	619	154,75
Monitor DELL P2417H 24 pulgadas	215,2	53,8
Impresora BROTHER MFC-9330CDW	375	93,75
Microsoft office profesional 2016	336,12	84,03
Solidworks profesional	7000	1750
TOTAL		2136,33
TOTAL /HORA		1,2

Tabla 13: Amortización correspondiente a equipos informáticos

6.4. Consumibles

En este apartado se contabilizarán los gastos necesarios para el desarrollo del juego didáctico en materiales que se han consumido debido a la realización del proyecto, por lo tanto todos estos costes se imputarán directamente al coste final del juego didáctico. Estos gastos se resumen en la tabla 14.

CONSUMIBLES (€)	
Concepto	Importe
Papel	20
Tóner	120
Encuadernación	50
Memorias USB	17
Otros	97
Total	304

Tabla 14: Costes derivados de productos consumibles

6.5. Costes indirectos

En este apartado se englobarán costes indirectos que sin estar directamente relacionados con la realización del proyecto directamente, serán imprescindibles para la realización del mismo. (Véase tabla 15)

COSTES INDIRECTOS	
Concepto	Importe
Consumo estimado electricidad	60
Consumo telefonía	70
Transporte	35
Alquileres	540
Otros	27
Total mensual	732
Total anual	8784
Total por hora	5,01

Tabla 15: Costes indirectos

6.6. Horas de trabajo dedicadas a cada etapa

Realizando un estudio aproximado de las horas dedicadas a cada etapa del proyecto se han obtenido los siguientes resultados:

HORAS DE TRABAJO EMPLEADAS POR ETAPA DEL PROYECTO	
Etapas	Horas
1	6
2	4
3	50
4	200
5	150
Total	160

Tabla 16: Horas de trabajo empleadas por etapa del proyecto

6.7. Costes asignados a cada etapa del proyecto

En este punto se calculara el coste total imputable en casa fase del proyecto, para poder realizar el cálculo de estos costes es importante matizar que el coste total del personal y de la amortización será necesario dividirlos entre el número de horas efectivas anuales. Sin embargo los consumibles y los indirectos se han calculado dividiéndolo entre las 410 horas de duración total del desarrollo del proyecto. En la tabla 17 se muestran por lo tanto los resultados obtenidos.

DESGLOSE DE COSTES POR HORA	
Concepto	Euros
Coste personal (Ingeniero)	14,15
Coste personal (Aux. Administrativo)	8,13
Amortización	1,21
Consumibles	0,74
Indirectos	1,78

Tabla 17: Coste total por hora

Teniendo en cuenta los resultados mostrados en la tabla diecisiete, se ha calculado el coste de cada etapa del proyecto. Es importante matizar que las primeras etapas serán realizadas solamente por el ingeniero técnico en régimen de autónomos, sin embargo para el desarrollo de la quinta fase, será el auxiliar administrativo el encargado de llevarla a cabo.

Se ha supuesto también para el cálculo de costes de cada fase, que en aunque en la fase de documentación y entrega la mayor parte del trabajo será realizada por el auxiliar administrativo, el ingeniero revisará ese trabajo y realizará los cambios que considere oportunos. Debido a esto, en la duración total de la fase (150 horas), 20 de esas horas serán imputables al ingeniero.

Por lo tanto como ya se había calculado el coste horario de la amortización, los costes indirectos y

Fase	Horas totales	Coste personal		Amortización	Consumibles	Costes indirectos	TOTAL POR FASE
		Ingeniero	Aux. Administrativo				
1	6	84,94	0	7,31	4,44	30,08	126,79
2	4	56,63	0	4,87	2,96	20,05	84,52
3	50	707,88	0	60,96	37,07	250,68	1056,61
4	200	2831,54	0	243,87	148,29	1002,73	4226,45
5	150	283,15	1057,80	182,90	111,21	752,05	2387,14
TOTAL PROYECTO							7881,53

Tabla 18: Coste de cada fase

Teniendo en cuenta esto, se puede calcular gráficamente el porcentaje de coste de cada etapa respecto al proyecto total, obteniéndose el resultado mostrado en la gráfica mostrada a continuación (ilustración 55):

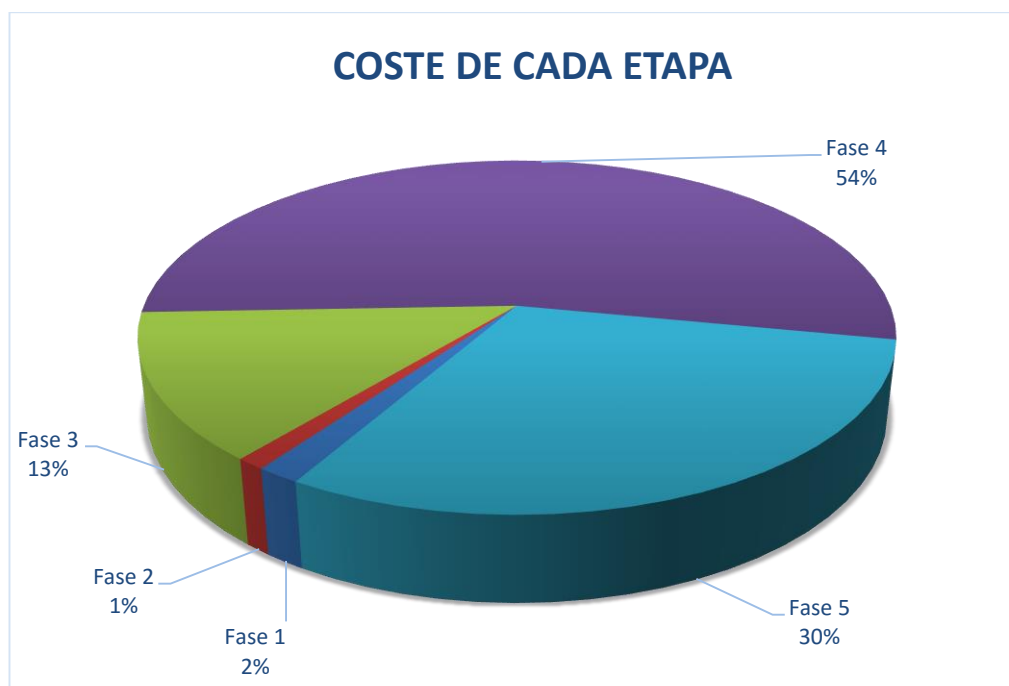


Ilustración 55: Distribución del coste del proyecto por etapas

7. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

La finalidad de este capítulo será enumerar las principales conclusiones extraídas de la realización de este proyecto fin de máster y los desarrollos que dicho proyecto podría sufrir en el futuro con el fin de mejorar el mismo o simplemente de ampliarlo.

Lo primero a plantearse en este capítulo es si el juego didáctico cumple el cometido para el que fue diseñado, es decir, si al final de la partida se transmiten los conocimientos que se pretendían en su diseño y si consigue hacerlo de forma amena y natural. Esa misión se ha conseguido y se ha reforzado gracias a las sesiones de debate post-ronda y a la representación gráfica de los resultados obtenidos que permiten que la visualización de los mismos sea rápida y sencilla.

Además, al igual que sucede con todos los juegos didácticos, se consigue que el jugador aprenda no solo sin ser consciente del esfuerzo que está desarrollando, sino que se consigue que la fijación de esos conocimientos aplicados al juego o adquiridos durante el mismo sea más duradera. Esto se debe gracias al “learning by doing” y al uso de la gamificación en la educación, tendencias educativas cada vez más en auge y con resultados ampliamente demostrados.

Se espera además que la finalidad lúdica de dicho juego se vea reforzada por la utilización durante el mismo de legos, algo con lo que los jugadores a los que va destinado dicho juego (edad adulta) es probable que hayan jugado en su infancia. Se espera que este recuerdo, la mecánica sencilla del juego y no tener que enfrentarse a nada especialmente novedoso, aumenten tanto el espíritu lúdico como la tranquilidad del jugador para así lograr un aprendizaje natural y relajado.

Actualmente en la red existen infinidad de juegos didácticos disponibles para cualquier edad y para aprender casi cualquier tipo de conocimiento, sin embargo con la presencia de las nuevas tecnologías cada vez más frecuentes en todos los hogares la variedad de juego más común son juegos individuales. Estos juegos didácticos individuales si bien son útiles para el aprendizaje de la materia para la que para la que están diseñados, no consiguen transmitir un valor que es importante para casi cualquier profesional: el trabajo en equipo.

Con este juego didáctico se espera que esta deficiencia sea subsanada, esperándose que durante todo el desarrollo del juego, se fomente el trabajo en equipo por parte de todos los jugadores implicados debido no solo al ambiente relajado que debería proveer el juego lúdico sino también en que al tener ese punto competitivo (se está luchando con otro equipo por ser el que más cantidad de producto fabrique, con la mejor calidad en el mismo tiempo) las iteraciones entre los miembros del equipo deberían ser constantes para lograr ser competitivos gracias a los problemas detectados, las soluciones propuestas y las mejoras aplicadas.

Gracias a los momentos de debate al final de cada ronda y aunque las mejoras más obvias (cómo puede ser por ejemplo ordenar las piezas del proveedor) deberían ser las mismas en cada partida, se espera que con dicho debate las mejoras propuestas por cada equipo puedan ser totalmente distintas. Estas variantes consiguen que incluso con un mismo grupo de jugadores se pueda repetir la sesión de juego, esperando obtener a medida que se desarrollan las sesiones mejores resultados y conclusiones más acordes con las necesidades de la cadena productiva que simula el juego.

Se considera también además de lo anteriormente citado, que este juego didáctico es relativamente sencillo, fácilmente entendible y su uso no necesita de grandes medios además de la caja de juego. Esto implica que podría jugarse en cualquier momento sin necesidad de una preparación extrema, ni por parte de los jugadores ni por parte de la persona encargada de la coordinación de la actividad. La principal ventaja es que “the lego flow game” podría convertirse en un juego de apoyo para varias asignaturas del máster de logística, pudiendo incluso ser un material disponible a perpetuidad en la clase, pudiendo ser utilizado o no según como se desarrolle la clase teórica en la que se esté estudiando el lean manufacturing, con la ventaja añadida de que como el tiempo necesario para terminar las rondas no es muy elevada (aproximadamente dos horas, aunque podría variar según las rondas de debate) podría empezarse la actividad a la mitad de una clase del master cuya duración es de cuatro horas sin necesidad de una preparación previa. O incluso realizar una ronda diaria con el fin de que el alumno asuma mejor los conocimientos, esta flexibilidad la ofrece principalmente la no necesidad de una gran preparación para su desarrollo.

Se considera por lo tanto que este juego didáctico no solo cumple los objetivos para los que fue diseñado, sino que ofrece grandes ventajas con las que no se contaba cuando se decidió hacer un juego didáctico como proyecto fin de máster.

Los futuros desarrollos que podría tener esta nueva versión de “The lego Flow game” son innumerables pero a continuación se expondrán algunas de las que se han considerado más interesantes:

- Sería interesante que al final de todo el juego, con los resultados de ambos equipos y con el ganador ya decidido, establecer otra ronda de debate pero esta vez entre los dos equipos, para compartir las mejoras que han realizado cada uno durante la duración del juego y decidir cuáles han resultado efectivas y cuáles no.
- El fabricante de los modelos que se han usado durante la realización del juego, propone que con el mismo kit de juego que se ha usado para cada modelo se pueden fabricar dos modelos distintos más (véase ilustración 56). Podría ser interesante añadirlos al juego, con el fin de saber cómo responde el juego a un aumento del mix de producción y cómo responden los jugadores al tener modelos similares en juego pero con características distintas.



Ilustración 56: Distintas opciones para cada kit de piezas

- Aunque en esta primera versión del juego se ha optado por utilizar modelos asociados al sector automoción industrial por ser la industria automovilística el origen de la filosofía lean manufacturing, podría ser interesante realizar el mismo juego aplicado a cualquier otro sector, demostrando así que el lean no es un herramienta que solo se pueda utilizar en la automoción sino que es aplicable a infinidad de sectores.
- En futuros desarrollos también podría resultar interesante compaginar el estudio del flujo que este juego propone con un estudio de costes, asociando un coste a la inversión en materia prima, en mano de obra, almacenaje o de no calidad para así poder comparar el coste económico de los distintos sistemas de producción.
- Al ser una representación a pequeña escala de una línea de producción podría ser interesante también utilizar THE LEGO FLOW GAME como un buen entrenamiento para aprender y practicar distintas herramientas como puede ser el “Value stream mapping”.

Estos puntos tratan de ser solo ejemplos de lo que podrían llegar a ser algunos de los posibles desarrollos que podrían realizarse sobre este juego didáctico, pero sin olvidar que

gracias a las numerosas técnicas que el lean manufacturing ofrece y a la creatividad que los jugadores o futuros desarrolladores puedan presentar, los desarrollos aquí mostrados podrían ser solo una pequeña parte de los que realmente sería posible llevar a cabo.

8. BIBLIOGRAFÍA

Las principales referencias bibliográficas consultadas para la elaboración de este proyecto fin de máster se enumeraran a continuación:

- Adavert, J. [2016]; “SMED, eficiencia en el cambio de formato”. En línea:
<http://www.serviconsulting.es/es/libro-5s/smed>
- Aldana, L.M [2015] “El ciclo de Deming”. En línea:
<http://gestionxprocesoscun.blogspot.com.es/2015/04/el-ciclo-de-deming.html>
- Aldana, L.M. [2015]; “El ciclo de Deming”. En línea:
<http://gestionxprocesoscun.blogspot.com.es/2015/04/el-ciclo-de-deming.html>
- Bibliografías y vidas [2016](a) “Frederick Winslow Taylor”. En línea:
http://www.biografiasyvidas.com/biografia/t/taylor_frederick.htm
- Chacon, P [2008] “El juego didáctico como estrategia de enseñanza y aprendizaje. ¿Cómo crearlo en el aula?”. En línea:
<http://www.grupodidactico2001.com/PaulaChacon.pdf>
- Ecured [2016] “Juegos didácticos”. En línea:
http://www.ecured.cu/index.php/Juegos_did%C3%A1cticos
- Farberoff, M. [2014]; “Control y gestión moderna de inventarios”. En línea:
<http://slideplayer.es/slide/158616/>
- Gaitán, V [2013] “ Gamificación: el aprendizaje divertido”. En línea:
<http://www.educativa.com/blog-articulos/gamificacion-el-aprendizaje-divertido/>
- Giraldo, M.A [2013]; “Conceptos y definiciones”. En línea:
<http://poka-yoke0020unal.blogspot.com.es/>
- Hernández, J.C y Vizán, A [2013] “; Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación” En línea:
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf
- Justo, D [2016]. “Las 5s herramientas básicas de mejora de calidad de Vida” En línea:
http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm
- Lean Lexicon [2014]; Lean Enterprise Institute
- Leanroots [2015] “One piece flow” En línea:
<http://www.leanroots.com/one-piece-flow.html>
- Lirola, F [2015]: “El modelo de producción Just in Time. Principales características” En línea:
http://descuadrando.com/Modelo_Just_in_time
- Llagostera, E [2012] “On gamification and persuasión” En línea:

http://www.click4it.org/images/4/4b/On_Gamification_and_Persuasion_Enric_Llagostera.pdf

- Llorente, J.I.[2012]; “Si Taiichi Ohno levantara la cabeza...” En línea: <http://www.renault-consulting.es/blog/lean/si-taiichi-ohno-levantara-la-cabeza/>
- Lloyd, R [2008]. “Aristóteles” Prometeo libros
- Lodeiro, F.C. [2015]; “Aplica la filosofía kaizen a la hora de invertir en bolsa” En línea: <http://www.academiadeinversion.com/filosofia-kaizen-aprender-a-invertir-en-bolsa/>
- Loesencial[2015] “Sistemas de fabricación y reposición pull “. En línea: <http://loesencial.es/sistemas-de-fabricacion-y-reposicion-pull/>
- Minaya, R [2013] “Celdas de manufactura”. En línea: <http://senseilean.blogspot.com.es/2013/06/lean-manufacturing-celdas-de-manufactura.html>
- MTMIingenieros [2013] “¿qué es takt time. En línea: <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-takt-time/>
- Omeñaca, J.L [2015]; “La historia de Ford en España”. En línea: <http://valencianews.es/motor/la-historia-de-ford-en-espana-de-cadiz-a-almussafes/>
- Ortiz, A.L [2009]. “Educación infantil: Afectividad, amor, felicidad, currículo, lúdica, evaluación y problemas de aprendizaje; Colombia; Editorial Litoral”
- Palao,F [2012]; “¿Qué son las tecnologías lean startup?”. En línea: <http://www.franciscopalao.com/2012/11/27/que-son-las-metodologias-lean-startup-y-que-no/>
- Pdcachome[2016]; “What is a Poka Yoke?”. En línea: <http://pdcahome.com/english/124/poka-yoke-a-method-to-create-a-safe-design/>
- Pérez, J [2012]; “Lean. Diseño visual de producción y retirada. L7” En línea: <http://javiersole.com/?p=1929>
- Perez, J [2015] “Lean: Control visual” En línea: <http://javiersole.com/?p=2212>
- Perona, L. [2012]”Value Stream Mapping ¿Para que? En línea: <http://leanlogisticsexecution.blogspot.com.es/2012/02/value-stream-mapping-para-que-iii.html>
- Platon : “Las leyes” Editorial Gredos. Madrid 2015
- Prieto, P [2014] “La aplicación de la ludificación y las TIC a la enseñanza de español en un contexto universitario japonés”. En línea: http://www.academia.edu/10996621/La_aplicaci%C3%B3n_de_la_ludificaci%C3%B3n_y_las_TIC_a_la_ense%C3%B1anza_de_espa%C3%B1ol_en_un_contexto_universitario_japon%C3%A9s
- Proyecto Newton [2016] “Aplicación de juegos didácticos en el aula. Elección y programación”. En línea: http://recursostic.educacion.es/newton/web/aplicacion_juegos_aula/p2/ejemplo_de_utilizacin_del_juego_el_ahorcado.html

- Quesada,G [2005]; “El PHVA y las normas ISO 9000”. En línea:
<http://www.gestiopolis.com/el-phva-y-las-normas-iso-9000/>
- Rajadel, M y Garriga F [2003] “Aplicación de la matriz de autocalidad en un proceso productivo”. En línea:
http://www.adingor.es/Documentacion/CIO/cio2003/Art_114.pdf
- Rodríguez, J [2013] : “ Sistemas de sugerencias. Un importante segmento de Kaizen”. En línea:
<http://institutoleankaizen.blogspot.com.es/2013/06/sistema-de-sugerencias-un-importante.html>
- Rodríguez, P. [2013] “El learning by doing de Robert Schank : el aprendizaje ocurre cuando alguien quiere aprender”. En línea:
<http://blogthinkbig.com/learning-by-doing/>
- Romero, A.A [2015] “La gestión visual”. En línea:
<http://www.angelantonioromero.com/la-gestion-visual/>
- Romero, A.A [2015] “La herramienta kanban”. En línea:
<http://www.angelantonioromero.com/la-herramienta-kanban/>
- Ruz, I [2002] “La educación según Aristóteles” Editorial. Madrid
- Salazar,M [2015]; “Kaizen”. En línea:
<http://kaisenmejoramiento.blogspot.com.es/2015/03/la-implementacion-de-cada-una-de-las-5s.html>
- Santos, J.C. [2012]; “Los siete desperdicios en manufactura” En línea:
<http://eldiariodeunlogistico.blogspot.com.es/2012/10/los-7-desperdicios-en-la-manufactura.html>
- Torres, C.M [2002] “El juego como estrategia de aprendizaje en el aula”. En línea:
http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17543/2/carmen_torres.pdf
- Universidad de Sonora [2013]; “Trabajo final administración de la producción: Células de manufactura”. En línea:
<http://celdemanufactura.blogspot.com.es/2013/11/5-esquema-ilustrativo-de-la-herramienta.html>
- Valverde, H.R [2003]. En línea:
https://books.google.es/books?id=wtkDGCsvgK8C&pg=PA14&lpg=PA14&dq=juegos+didacticos+definicion+e+importancia&source=bl&ots=nrk7eB_yW0&sig=mXvAPmxz8tyA7674qZtHDfBk8pQ&hl=es&sa=X&ved=0CGIQ6AEwCWoVChMI4NzKx5SzyAIVxdkaCh2r-QXQ#v=onepage&q&f=false
- Vidal, M.L [2007] “Edgar Dale y el cono de aprendizaje: análisis de un curso de formación”. En línea:
<http://bitacoradelgaleon.blogspot.com.es/2007/05/edgar-dale-y-el-cono-de-aprendizaje.html>
- Wikipedia [2016] (a); “Henry Ford” En línea:
https://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Ford
- Wikipedia[2016](b) “Frederick Winslow Taylor”. En línea:
https://es.wikipedia.org/wiki/Frederick_Winslow_Taylor
- Yvern,A. [1998]. “¿A qué jugamos?” Editorial Bonum“

- Justo,D [2016]. “Las 5s herramientas básicas de mejora de calidad de Vida” En línea: http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm
-