



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

**TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ANÁLISIS Y MEJORA DEL SISTEMA DE  
PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA  
EMPRESA DEL SECTOR DEL AUTOMÓVIL  
DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN DE PIEZAS  
METÁLICAS EN MUSEROS (VALENCIA)**

AUTOR: JOSÉ CARLOS DE LAS HERAS APARICIO

TUTOR: JOSÉ PEDRO GARCÍA SABATER

**Curso Académico: 2019-20**

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>10</b>
1.1	Objeto del trabajo.	10
1.2	Antecedentes.	10
1.3	Estructura del Documento	10
<b>2</b>	<b>Descripción del Entorno del Problema</b>	<b>11</b>
2.1	Introducción.	11
2.2	Organigrama	11
2.3	Una aproximación a la empresa.	12
2.4	Explicación del layout	12
2.5	Productos	14
2.6	Procesos	18
2.7	Clientes	19
2.8	Proveedores	19
2.9	Unidades de embalaje	20
2.10	Materias primas	21
2.11	Objeto del Problema	22
2.12	Procesos asociados al problema.	22
2.13	Estructura organizativa afectada.	24
2.14	Conclusiones.	24
<b>3</b>	<b>Descripción de las Incidencias/Observaciones/Síntomas</b>	<b>26</b>
3.1	Introducción	26
3.2	Descripción de incidencia y valoración según importancia	26
3.2.1	Descripción de incidencias	26
3.2.2	Valoración de incidencias según importancia	46
3.3	Identificación causas Raíz	48
3.4	Conclusiones	58
<b>4</b>	<b>Antecedentes Teóricos</b>	<b>59</b>
4.1	Introducción	59
4.2	Sistemas de producción y kanban	59
4.2.1	Introducción	59
4.2.2	Sistemas de producción push	59
4.2.3	Sistemas de producción pull	59
4.2.4	Kanban	59

4.3	<b>Modelo matemático del kanban</b>	<b>60</b>
4.4	<b>SMED</b>	<b>62</b>
4.5	<b>Técnica de decisión multicriterio AHP</b>	<b>62</b>
4.6	<b>Conclusiones</b>	<b>63</b>
<b>5</b>	<b><i>Oportunidades de Mejora.</i></b>	<b>64</b>
5.1	<b>Introducción</b>	<b>64</b>
5.2	<b>Posibles Oportunidades de Mejora</b>	<b>64</b>
5.3	<b>Descripción Detallada de Opciones de Mejora</b>	<b>67</b>
5.4	<b>Categorización y Priorización de Opciones</b>	<b>77</b>
5.5	<b>Conclusiones</b>	<b>81</b>
<b>6</b>	<b><i>Planificación del Proyecto de Mejora</i></b>	<b>82</b>
6.1	<b>Introducción</b>	<b>82</b>
6.2	<b>Plan de Implantación</b>	<b>82</b>
6.2.1	Tareas y descripción.	82
6.2.2	Recursos y responsables.	85
6.2.3	Diagrama de Gantt de las fases de implantación.	88
6.3	<b>Presupuesto</b>	<b>89</b>
6.3.1	Introducción	89
6.3.2	Mano de obra.	89
6.3.3	Materiales.	90
6.3.4	Resumen del presupuesto.	90
6.4	<b>Conclusiones</b>	<b>91</b>
<b>7</b>	<b><i>Mejora del proceso de pedido de material y rediseño del layout de materia prima</i></b>	<b>92</b>
7.1	<b>Introducción</b>	<b>92</b>
7.2	<b>Diseño de nueva herramienta de pedido de material</b>	<b>92</b>
7.2.1	Introducción de la mejora	92
7.2.2	Inventario, listado de materiales y clasificación según proveedor	92
7.2.3	Diseño de herramienta Excel	93
7.2.4	Cambio en el proceso de planificación de pedido de material	95
7.3	<b>Rediseño del layout</b>	<b>96</b>
7.3.1	Introducción de la mejora	96
7.3.2	Generación de Alternativas	96
7.3.3	Selección de Estado Futuro	98
7.3.4	Diseño del Layout	99
7.3.5	Diseño del Proceso	102
7.3.6	Plan de Formación	104
7.4	<b>Conclusiones</b>	<b>105</b>

<b>8</b>	<b>Mejora del proceso de planificación de producción y rediseño del layout de producto terminado</b>	<b>106</b>
8.1	Introducción	106
8.2	Productos a escoger	106
8.3	Aplicación de modelo matemático de cálculo de lotes, generación de alternativas	107
8.3.1	Máquina 41	107
8.3.2	Máquina 62	111
8.3.3	Máquina 76	113
8.4	Selección de Estado Futuro	115
8.4.1	Máquina 41	116
8.4.2	Máquina 62	117
8.4.3	Máquina 76	119
8.5	Diseño del Layout	120
8.6	Comparación del inmovilizado	124
8.7	Plan de Formación	125
8.8	Diseño de herramienta de planificación de producción	125
8.9	Diseño del proceso	128
8.10	Conclusiones	131
<b>9</b>	<b>Aplicación de la técnica SMED en la máquina 41</b>	<b>132</b>
9.1	Introducción	132
9.2	¿Por qué?	132
9.3	Separar las diferentes tareas	132
9.3.1	Convertir lo interno en externo y redistribución de tareas	134
9.3.2	Estandarización final y comparación de tiempos antes y después del SMED	135
9.4	Cambio en la capacidad de máquina	137
9.5	Conclusiones	138
<b>10</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>139</b>
<b>11</b>	<b>Referencias</b>	<b>141</b>
<b>12</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>142</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Importancia de los diferentes procesos en función de la facturación (Fuente: Elaboración propia)	14
Gráfico 2 Importancia de los diferentes procesos según volumen facturado (Fuente: Elaboración propia)	15
Gráfico 3 Impacto de incidencias en el proceso productivo (Fuente: Elaboración propia)	47
Gráfico 4 Análisis ABC según volumen (Fuente: Elaboración propia)	132
Gráfico 5 Comparación de tiempos antes y después de aplicar SMED (Fuente: Elaboración propia)	137

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Incidencia 1: Falta material de producción (Fuente: Elaboración propia)	26
Tabla 2. Incidencia 2: Secuencia de cambio de lote (Fuente: Elaboración propia)	27
Tabla 3. Incidencia 3: Reunión top 3 (Fuente: Elaboración propia)	28
Tabla 4. Incidencia 4: Falta de unidades de embalaje (Fuente: Elaboración propia)	29
Tabla 5. Incidencia 5: Reunión 8D (Fuente: Elaboración propia)	30
Tabla 6. Incidencia 6: Regulación de la producción mediante unidades de embalaje para un cliente determinado (Fuente: Elaboración propia)	31
Tabla 7. Incidencia 7: Nave contigua infrautilizada (Fuente: Elaboración propia)	32
Tabla 8. Incidencia 8: Problemas con la validación de matrices (Fuente: Elaboración propia)	33
Tabla 9. Incidencia 9: Horas extra para cumplir con la demanda (Fuente: Elaboración propia)	34
Tabla 10. Incidencia 10: Uso de transportes especiales (Fuente: Elaboración propia)	35
Tabla 11. Incidencia 11: El encargado de mantenimiento realiza trabajos que no le corresponden (Fuente: Elaboración propia)	36
Tabla 12. Incidencia 12: No se rellenan las hojas de verificación antes de lanzar una matriz (Fuente: Elaboración propia)	37
Tabla 13. Incidencia 13: Reclamación por piezas de mala calidad (Fuente: Elaboración propia)	38
Tabla 14. Incidencia 14: Pérdida de rendimiento en varias máquinas (Fuente: Elaboración propia)	39
Tabla 15. Incidencia 15: Falta de espacio en el almacén de materia prima (Fuente: Elaboración propia)	40
Tabla 16. Incidencia 16: Problemas para encontrar piezas demandadas y materiales (Fuente: Elaboración propia)	41
Tabla 17. Incidencia 17: Inexistencia de un procedimiento a la hora de planificar la producción (Fuente: Elaboración propia)	42
Tabla 18. Incidencia 18: Matrices no aptas para producir (Fuente: Elaboración propia)	43
Tabla 19. Incidencia 19: Máquina 41 saturada (Fuente: Elaboración propia)	44
Tabla 20. Incidencia 20: No se respetan los layouts (Fuente: Elaboración propia)	45
Tabla 21. Valoración de incidencias (Fuente: Elaboración propia)	46
Tabla 22. Ponderación de incidencias (Fuente: Elaboración propia)	48
Tabla 23. Opción de mejora 1: Aplicación de SMED (Fuente: Elaboración propia)	67
Tabla 24. Opción de mejora 2: redistribución de layout de materia prima (Fuente: Elaboración propia)	68
Tabla 25. Opción de mejora 3: diseño de kanban de producción (Fuente: Elaboración propia)	69
Tabla 26. Opción de mejora 4: rediseño de layout de producto terminado (Fuente: Elaboración propia)	70
Tabla 27. Opción de mejora 5: diseño de una herramienta que planifique la producción (Fuente: Elaboración propia)	71
Tabla 28. Opción de mejora 6: diseño de una herramienta que mejore el proceso de aprovisionamiento de material (Fuente: Elaboración propia)	72
Tabla 29. Opción de mejora 7: introducción de TPM en las matrices con mucho índice de averías (Fuente: Elaboración propia)	73
Tabla 30. Opción de mejora 8: introducción del estado de la matriz en el ERP (Fuente: Elaboración propia)	74

Tabla 31. Opción de mejora 9: contabilizar unidades de embalaje entrantes y salientes (Fuente: Elaboración propia) .....	75
Tabla 32. Opción de mejora 10: introducir un TPM en las máquinas más problemáticas (Fuente: Elaboración propia) .....	76
Tabla 33. Mejoras agrupadas por temas (Fuente: Elaboración propia) .....	77
Tabla 34. Criterios AHP (Fuente: Elaboración propia) .....	77
Tabla 35. Criterio 1 AHP (Fuente: Elaboración propia) .....	78
Tabla 36. Criterio 2 AHP (Fuente: Elaboración propia) .....	79
Tabla 37. Criterio 3 AHP (Fuente: Elaboración propia) .....	79
Tabla 38. Criterio 4 AHP (Fuente: Elaboración propia) .....	80
Tabla 39. Ponderación de criterios AHP (Fuente: Elaboración propia) .....	81
Tabla 40. Resultado AHP (Fuente: Elaboración propia) .....	81
Tabla 41. Listado de tareas para realizar la herramienta de pedido de material (Fuente: Elaboración propia) .....	83
Tabla 42. Listado de tareas para realizar el rediseño del layout de materia prima (Fuente: Elaboración propia) .....	83
Tabla 43. Listado de tareas para realizar en la mejora del proceso de planificación de producción (Fuente: Elaboración propia) .....	84
Tabla 44. Listado de tareas necesarias para la aplicación de la técnica SMED (Fuente: Elaboración propia) .....	85
Tabla 45. Recursos y responsables para realizar la herramienta de pedido de material (Fuente: Elaboración propia) .....	85
Tabla 46. Recursos y responsables para realizar el rediseño de layout de materia prima (Fuente: Elaboración propia) .....	86
Tabla 47. Recursos y responsables para realizar la mejora en el proceso de planificación de producción (Fuente: Elaboración propia) .....	87
Tabla 48 Recursos y responsables para realizar la mejora consistente en la aplicación de la técnica SMED (Fuente: Elaboración propia) .....	87
Tabla 49. Presupuesto de mano de obra (Fuente: Elaboración propia) .....	90
Tabla 50. Presupuesto de materiales (Fuente: Elaboración propia) .....	90
Tabla 51. Resumen del presupuesto (Fuente: Elaboración propia) .....	90
Tabla 52. Cuadro resumen de ubicación final del layout correspondiente a la materia prima (Fuente: Elaboración propia) .....	97
Tabla 53. Criterio 1 AHP, espacio disponible (Fuente: Elaboración propia) .....	98
Tabla 54. Criterio 2 AHP, distancia a recorrer por carretilleros (Fuente: Elaboración propia) .....	98
Tabla 55. Ponderación de criterios AHP (Fuente: Elaboración propia) .....	99
Tabla 56. Resultado AHP (Fuente: Elaboración propia) .....	99
Tabla 57. Materiales nivel 1 (Fuente: Elaboración propia) .....	100
Tabla 58. Materiales nivel 2 (Fuente: Elaboración propia) .....	100
Tabla 59. Materiales nivel 3 (Fuente: Elaboración propia) .....	101
Tabla 60. Materiales nivel 4 (Fuente: Elaboración propia) .....	101
Tabla 61. Comparativa de los distintos escenarios para las tres máquinas (Fuente: Elaboración propia) ..	115
Tabla 62. Ponderación de criterios para la selección de alternativas (Fuente: Elaboración propia) .....	116
Tabla 63. Valoración del criterio capacidad máquina 41 (Fuente: Elaboración propia) .....	116
Tabla 64. Valoración del criterio Smin/Smax máquina 41 (Fuente: Elaboración propia) .....	117
Tabla 65. Valoración del criterio B (inventario en €) máquina 41 (Fuente: Elaboración propia) .....	117
Tabla 66. Resultado de escenario más favorable habiendo utilizado AHP (Fuente: Elaboración propia) ...	117
Tabla 67. Valoración del criterio capacidad máquina 62 (Fuente: Elaboración propia) .....	118
Tabla 68. Valoración del criterio Smin/Smax máquina 62 (Fuente: Elaboración propia) .....	118
Tabla 69. Valoración del criterio B (inventario en €) máquina 62 (Fuente: Elaboración propia) .....	118

Tabla 70. Resultado de escenario más favorable habiendo utilizado AHP máquina 62 (Fuente: Elaboración propia) .....	119
Tabla 71. Valoración del criterio capacidad máquina 76 (Fuente: Elaboración propia).....	119
Tabla 72. Valoración del criterio Smin/Smax máquina 76 (Fuente: Elaboración propia) .....	119
Tabla 73. Valoración del criterio B (inventario en €) máquina 76 (Fuente: Elaboración propia).....	120
Tabla 74. Resultado de escenario más favorable habiendo utilizado AHP máquina 76 (Fuente: elaboración propia) .....	120
Tabla 75. Clasificación de tareas antes y después del análisis (Fuente: Elaboración propia).....	135
Tabla 76. Reconversión tanto de tareas como de ejecutores (Fuente: Elaboración propia) .....	135
Tabla 77. Tareas antes del cambio (Fuente: Elaboración propia) .....	136
Tabla 78. Tareas durante el cambio (Fuente: Elaboración propia) .....	136
Tabla 79. Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980) .....	153
Tabla 80. Índice aleatorio RI (Yepes, 2018) .....	154
Tabla 81. Porcentajes máximos de la ratio de consistencia (Yepes, 2018).....	154
Tabla 82. Análisis ABC en función de la facturación (Fuente: Elaboración propia) .....	156
Tabla 83. Análisis ABC en función del volumen de piezas facturado (Fuente: Elaboración propia) .....	157
Tabla 84. Ejemplo de materiales y previsión de demanda en Matrices Alcántara (Fuente: Elaboración propia) .....	159
Tabla 85. Comparación en inmovilizado del diseño previo del layout con el nuevo (Fuente: Elaboración propia) .....	161

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Organigrama de la empresa (Fuente: Matrices Alcántara) .....	11
Ilustración 2 Layout inicial de Matrices Alcántara (Fuente: Elaboración propia).....	13
Ilustración 3 Pieza final proceso estampación (Fuente: Elaboración propia).....	15
Ilustración 4 Pieza final proceso Gearbox (Fuente: Elaboración propia) .....	16
Ilustración 5 Pieza final proceso Brabus (Fuente: Elaboración propia) .....	16
Ilustración 6 Pieza final proceso 41 (Fuente: Elaboración propia).....	16
Ilustración 7 VSM proceso Estampación (Fuente: Elaboración propia) .....	17
Ilustración 8 VSM proceso 41 (Fuente: Elaboración propia).....	18
Ilustración 9 Gibo (Fuente: ( <a href="https://rotom.es">https://rotom.es</a> , s.f.).....	20
Ilustración 10 KIT (Fuente: Elaboración propia) .....	20
Ilustración 11 KLT (Fuente: ( <a href="https://grupopaletplastic.es">https://grupopaletplastic.es</a> , s.f.) .....	20
Ilustración 12 Diagrama BPMN del proceso asociado al problema (Fuente: Elaboración propia).....	23
Ilustración 13 Diagrama de bloques del proceso de planificación y control de la producción (Fuente: Elaboración propia) .....	24
Ilustración 14 Diagrama Ishikawa de la incidencia 1 (Fuente: elaboración propia).....	49
Ilustración 15 Diagrama Ishikawa de la incidencia 4 (Fuente: elaboración propia).....	49
Ilustración 16 Diagrama de Ishikawa de la incidencia 6 (Fuente elaboración propia) .....	50
Ilustración 17 Diagrama Ishikawa de la incidencia 7 (Fuente: elaboración propia).....	50
Ilustración 18 Diagrama Ishikawa de la incidencia 9 (Fuente: elaboración propia).....	51
Ilustración 19 Diagrama Ishikawa de la incidencia 14 (Fuente: elaboración propia).....	52
Ilustración 20 Diagrama Ishikawa de la incidencia 15 (Fuente: elaboración propia).....	52
Ilustración 21 Diagrama Ishikawa de la incidencia 16 (Fuente: elaboración propia).....	53
Ilustración 22 Diagrama Ishikawa de la incidencia 17 (Fuente: elaboración propia).....	53
Ilustración 23 Diagrama Ishikawa de la incidencia 18 (Fuente: elaboración propia).....	54
Ilustración 24 Diagrama Ishikawa de la incidencia 19 (Fuente: elaboración propia).....	54
Ilustración 25 Diagrama Ishikawa de la incidencia 20 (Fuente: elaboración propia).....	55
Ilustración 26 Cuadro sinóptico 1 que relaciona la incidencia con las causas raíz destacadas (Fuente: Elaboración propia) .....	56

<i>Ilustración 27 Cuadro sinóptico 2 que relaciona la incidencia con las causas raíz destacadas (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 28 Ejemplo de estructura jerárquica AHP (Yepes, 2018) .....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 29 Diagrama Brainstorming (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 30 Cuadro sinóptico de mejoras (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 31 Diagrama de Gantt mejora 1.1 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 32 Diagrama de Gantt mejora 1.2 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 33 Diagrama de Gantt mejora 2 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 34 Diagrama de Gantt mejora 3 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 35 Ejemplo de previsión de demanda (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 36 Ejemplo de informe de stock obtenido mediante el ERP (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 37 Tabla de cálculo de peso de la demanda (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 38 Herramienta de pedido de material (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 39 Nuevo proceso de planificación de pedido de material (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 40 Layout de materia prima de Matrices Alcántara (Fuente: Matrices Alcántara).....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 41 Ubicación final de layout de materia prima (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 42 Detalle de layout de materia prima con las bobinas colocadas en su lugar correspondiente (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 43 Hoja de planificación diaria (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 44 Nuevo recorrido de los logísticos internos (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 45 Visión de remodelado de layout de materia prima (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 46 Hoja modelo de nueva ubicación de materia prima (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 47 Escenario 1, máquina 41 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>108</i>
<i>Ilustración 48 Escenario 2, máquina 41 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 49 Escenario 3, máquina 41 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 50 Verificación de límite de capacidad para la máquina 41 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>110</i>
<i>Ilustración 51 Escenario 1, máquina 62 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 52 Escenario 2, máquina 62 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 53 Escenario 3, máquina 62 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 54 Escenario 1, máquina 76 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>113</i>
<i>Ilustración 55 Escenario 2, máquina 76 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>114</i>
<i>Ilustración 56 Escenario 3, máquina 76 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>115</i>
<i>Ilustración 57 Nueva distribución en planta de Matrices Alcántara (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>121</i>
<i>Ilustración 58 Resultado en planta del nuevo layout (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>121</i>
<i>Ilustración 59 Resultado en planta del nuevo layout (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>122</i>
<i>Ilustración 60 Resultado en planta del nuevo layout (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>122</i>
<i>Ilustración 61 Nueva representación del almacén de producto terminado (Fuente: Elaboración propia) ..</i>	<i>122</i>
<i>Ilustración 62 Nuevos stocks máximos de las máquinas 62 y 76 (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>123</i>
<i>Ilustración 63 Nuevos stocks máximos de las máquinas 62 y 76 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>124</i>
<i>Ilustración 64 Nuevos stocks máximos de las máquinas 62 y 76 (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>124</i>
<i>Ilustración 65 Hoja modelo de nueva ubicación de materia prima (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>125</i>
<i>Ilustración 66 Tabla base de datos parte 1 (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>126</i>
<i>Ilustración 67 Tabla base de datos parte 2 (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>126</i>
<i>Ilustración 68 Tabla con demanda por producto (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 69 Bloque inventario en la herramienta de planificación (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 70 Bloque producción en la herramienta de planificación (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 71 Bloque carga de máquina en la herramienta de producción (Fuente: Elaboración propia) ..</i>	<i>128</i>
<i>Ilustración 72 Bloque material de producción en la herramienta de producción (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>128</i>

<i>Ilustración 73 Forma de actuación con la herramienta de planificación filtrando por matriz (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>128</i>
<i>Ilustración 74 Nuevo proceso de decisión del planificador de producción (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>129</i>
<i>Ilustración 75 VSM con la implementación del kanban de producción (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>130</i>
<i>Ilustración 76 Layout final indicando el flujo que recorre el producto desde que sale de la empresa, hasta que sale de la empresa, pasando por el almacén (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 77 Tareas a analizar, antes del cambio (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>133</i>
<i>Ilustración 78 Tareas a analizar por el operario de prensa durante el cambio (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>133</i>
<i>Ilustración 79 Tareas a analizar por el operario logístico durante el cambio (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>134</i>
<i>Ilustración 80 Indicador de límite de capacidad con el modelo matemático utilizado en el apartado anterior (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>137</i>
<i>Ilustración 81 Indicador de límite de capacidad con el modelo utilizado en el apartado anterior (Fuente: Elaboración propia) .....</i>	<i>138</i>
<i>Ilustración 82 Tiempo de cambio de lote (García-Sabater &amp; Maheut, 2018).....</i>	<i>149</i>
<i>Ilustración 83 Objetivos y beneficios del SMED (García-Sabater &amp; Maheut, 2018) .....</i>	<i>150</i>
<i>Ilustración 84 Progreso en el ahorro en tiempo de cambio de lote aplicando la técnica SMED (García-Sabater &amp; Maheut, 2018).....</i>	<i>152</i>

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

<i>Anexos i. Desarrollo del modelo matemático para el cálculo de lotes .....</i>	<i>142</i>
<i>Anexo ii. Desarrollo teórico de la metodología SMED .....</i>	<i>149</i>
<i>Anexos iii. Desarrollo AHP .....</i>	<i>153</i>
<i>Anexos iv. Tablas.....</i>	<i>155</i>
<i>Anexos v. Planos.....</i>	<i>162</i>

## 1 Introducción

### 1.1 Objeto del trabajo.

El presente trabajo pretende realizar un análisis y una propuesta de mejoras en una pequeña empresa proveedora del sector del automóvil ubicada en Museros. El propósito inicial de la compañía era diseñar una herramienta Excel que fuera capaz de planificar la producción de una manera automática sin que el encargado de dicha tarea destinase excesivos recursos en llevar a cabo ese trabajo. Sin embargo, en el día a día de la organización, salen a la luz problemas que hacen imposible controlar el proceso de planificación de producción, por lo que antes de diseñar cualquier herramienta se hace preciso resolver ese tipo de incidencias.

Por tanto, el objetivo inicial se centraba en el diseño de una herramienta, pero las incidencias observadas a lo largo del tiempo obligan a profundizar en los problemas que padece la compañía hasta ser capaces de lograr controlar el proceso de producción, siendo este el objetivo final.

### 1.2 Antecedentes.

La empresa en la que se realiza el proyecto es Matrices Alcántara, dedicada al sector del automóvil. Esta compañía empezó como matricería en 1975 y fue creciendo hasta comprar sus propias prensas y fabricar ellos mismos piezas para el sector por medio de estampación, concretamente piezas de tubos de escape en su mayoría.

En cuanto al problema tratado, en un principio existía la necesidad de crear una herramienta potente que planificase la producción, ya que en la empresa se creía que este apartado era muy mejorable. Sin embargo, a lo largo del proyecto se mostrará que este no era el problema principal y que habrá que solventar otros que aporten un control sobre el proceso de producción y a partir de ahí cobrará sentido el diseñar la herramienta deseada por la compañía.

### 1.3 Estructura del Documento

El presente documento queda estructurado como sigue. En primer lugar, se describirá la empresa, su entorno, sus productos y procesos y los problemas a los que se pretende hacer frente. Posterior a esto se describirán diferentes incidencias en la planta y se analizarán sus causas raíz. A continuación, habrá un apartado con nociones teóricas acerca de los temas que se tratarán en la solución de los problemas para un mejor entendimiento de las metodologías aplicadas. Asimismo, después del análisis, en el capítulo 5 se plantearán soluciones ante los problemas descritos y se seleccionarán las acciones prioritarias mediante el método AHP. En el capítulo 6 se planificarán las acciones de mejora escogidas anteriormente, cuantificándolas temporalmente y en recursos y en la última sección, los capítulos 7,8 y 9, describirán con detalle cada una de estas. Por último, en el capítulo 10, se finalizará con unas conclusiones de todo el trabajo realizado. Para acabar, se han realizado diferentes anexos. En los tres primeros se pretende dar más profundidad a las nociones teóricas que serán aplicadas en las soluciones propuestas para tener un mejor entendimiento de las técnicas. En el anexo iv se han alojado tablas extensas de donde salen muchos datos con los que se realizan análisis para no entorpecer la fluidez del documento cuando el lector se disponga a examinarlo. Por último, en el anexo v se plasman diferentes layouts de la empresa y de diferentes zonas de la misma que serán objeto de estudio en el proyecto.

## 2 Descripción del Entorno del Problema

### 2.1 Introducción.

Para empezar, se pretende hacer una mención de todos los aspectos que pueden ser relevantes en el presente proyecto. Se empezará describiendo el organigrama de la empresa, Matrices Alcántara, de dónde viene, su transformación a lo largo del tiempo y cómo ha afrontado diferentes problemas surgidos a lo largo de su historia. De manera seguida, se continuará con los productos, realizando diversos análisis para entender cuáles tienen mayor relevancia en la compañía y los procesos, mediante la técnica del Value Stream Map. También se hará mención a los diferentes clientes, proveedores y tipos de materias primas que tiene la compañía.

Después de estos apartados, se pretende poner el foco en el problema principal a analizar y resolver, para lo que se definirá cuál es el objeto de dicho problema, los procesos que se ven afectados y la estructura organizativa que tendrá que poner medidas para paliar estas deficiencias.

Por último, se finalizará el capítulo con unas conclusiones que sintetizen los temas tratados en los apartados anteriores a estas.

### 2.2 Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama de la empresa, dividido en siete niveles.

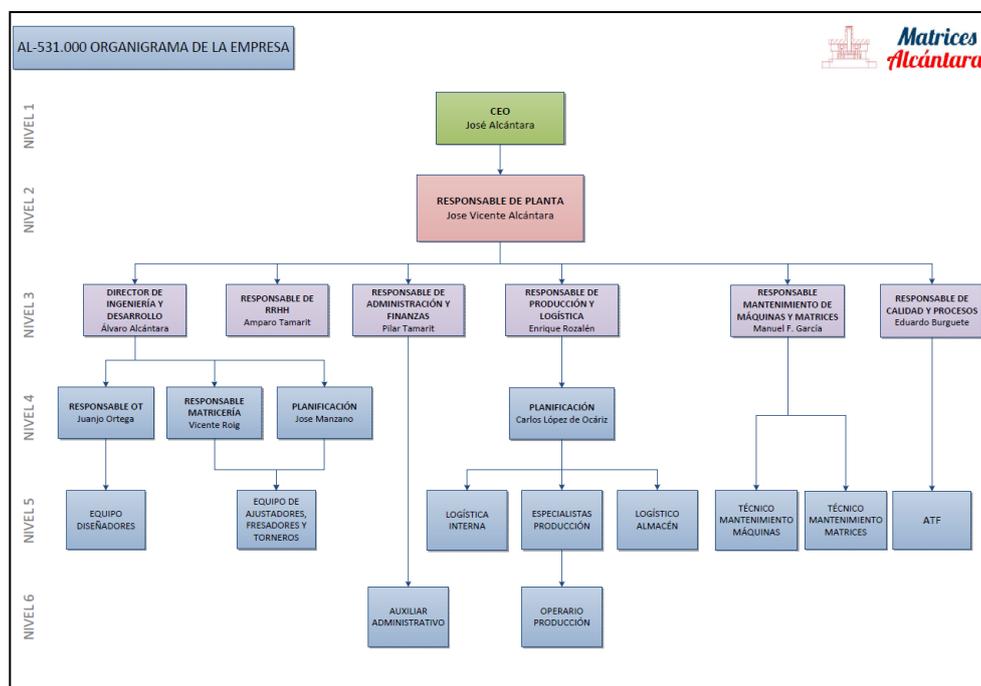


Ilustración 1. Organigrama de la empresa (Fuente: Matrices Alcántara)

En el primer nivel está el CEO de la empresa, al que simplemente se le informan de los problemas más importantes, siendo su papel actual meramente figurativo. En el nivel 2 está el director de planta, cuyo papel es comercial y financiero, siendo responsable de buscar nuevos proyectos para llevar a cabo en la empresa, tarifar dichos proyectos y tomar decisiones en última instancia a nivel de costes.

En el nivel 3 se encuentran los responsables de cada departamento. Está el jefe de ingeniería y proyectos, del cual a su vez son dependientes tres personas: El responsable de oficina técnica, del que cuelgan los diseñadores de las matrices con las que se realizará el producto final fabricado en las prensas, el responsable de matricería y el planificador de esta sección.

En este mismo nivel también se encuentran la responsable de recursos humanos, y la responsable de administración y finanzas, la cual tiene a su cargo un auxiliar administrativo. Después se pasa al responsable de producción y logística, quien en un nivel inferior tiene al planificador de la producción. Debajo, en el nivel 5, se encuentran los especialistas de producción, operarios con amplia experiencia en prensas, y los logísticos, tanto internos como externos. Los logísticos internos tienen diversas funciones: llevar las bobinas del almacén de materia prima a los cargadores de las máquinas para que dicha materia prima esté lista en el momento que se requiera para minimizar la pérdida en tiempos de cambio, transportar las unidades de embalaje requeridas para cada máquina en cada orden de fabricación, transportar el producto acabado al almacén, realizar los cambios de bobina pertinentes y apoyar en el cambio de matriz al operario de prensa en caso de que sea necesario. Por otra parte, el logístico externo se encarga de descargar los camiones de materia prima que puedan llegar a la empresa, preparar el pedido diario que sale hacia el cliente principal y preparar otros pedidos para otros clientes.

Además, está el departamento de mantenimiento, tanto de máquinas como de matrices, formado por el responsable y dos técnicos, uno para máquinas y otro para matrices, y el departamento de calidad y procesos, teniendo este un responsable y un asistente técnico de fabricación.

### 2.3 Una aproximación a la empresa.

La empresa sobre la que tratará el presente trabajo es Matrices Alcántara S.L. Se fundó en 1976 como taller de matricería, fabricando utillajes y matrices. Poco tiempo después, la organización decidió dar un paso adelante y se hizo con prensas excéntricas e hidráulicas con el objetivo de aprovechar los conocimientos en el diseño de matrices y ser capaces de fabricar piezas para el sector del automóvil a través de este tipo de procesos.

Matrices Alcántara fue creciendo en el negocio de la estampación, obteniendo un mayor número de proyectos, con lo que poco a poco se fue quedando sin capacidad en sus máquinas para cumplir con las piezas adjudicadas y fue adquiriendo más prensas. Sin embargo, debido a la fuerte crisis económica sufrida en el país entre los años 2008 y 2013, la empresa estuvo a punto de echar el cierre debido a la falta de demanda por parte de clientes. Para superar la crisis, se optó por disminuir el desperdicio en todos los ámbitos de la empresa y la directiva se planteó dotar de más valor añadido a los productos generados en la organización y actualmente, se está optando no sólo por la matricería y la estampación sino por la fabricación de piezas que conlleven procesos más complejos como la soldadura, para lo cual se ha adquirido una célula robot, ya que se tienen varios proyectos en cartera que requieren de este tipo de procesos.

### 2.4 Explicación del layout

Antes de analizar los productos y los procesos, es importante conocer la distribución de la planta, por lo que se van a explicar las zonas más importantes en Matrices Alcántara.

## ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

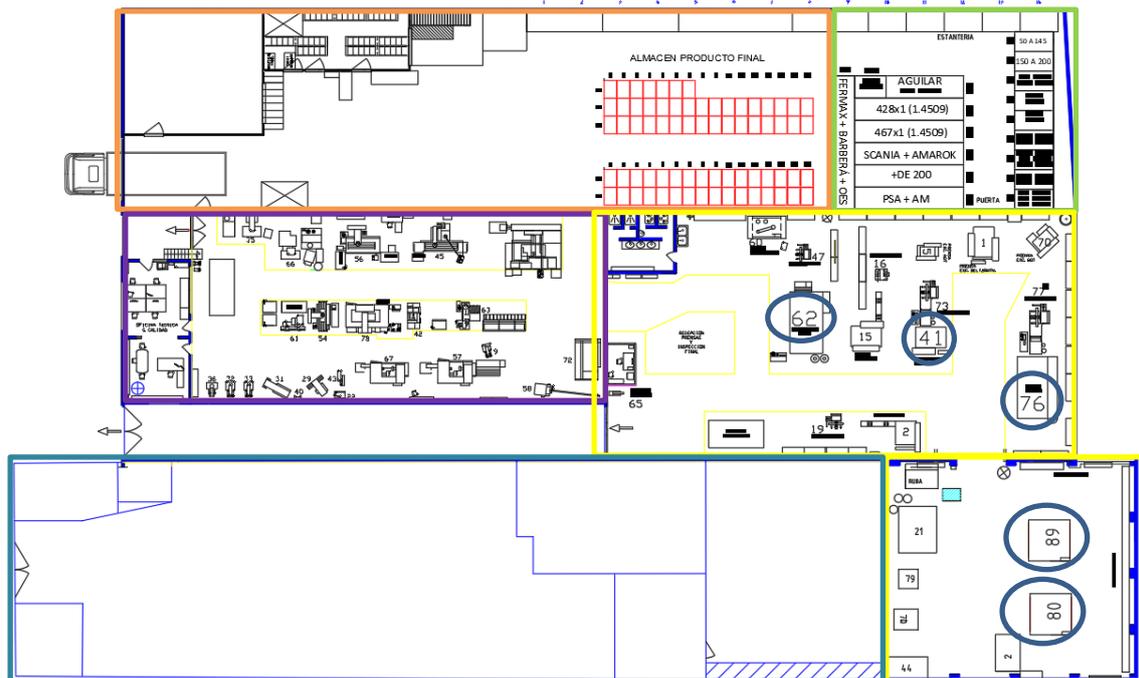


Ilustración 2. Layout inicial de Matrices Alcántara (Fuente: Elaboración propia)

Comenzando por la parte superior de la ilustración 2, en la zona marcada por un cuadro naranja, se encuentra la puerta de la nave que da al exterior donde se realizan cargas y descargas de camiones y el almacén de producto terminado. A su derecha, enmarcado en verde, se encuentra la zona destinada a almacenar materia prima. Luego, la zona morada es destinada a la producción con torno y al ajuste de matrices para la producción en prensa y, a su derecha se halla la zona de prensas, marcada en amarillo, siendo el mayor interés de la compañía ya que es donde se genera en su mayoría la transformación de los productos, por lo que, a continuación, se explicarán las máquinas que actúan en los procesos descritos en siguientes apartados para que, observando el plano (las máquinas indicadas están señalizadas en círculos azules) y leyendo la descripción del proceso, el lector se pueda orientar en la planta de la empresa. (Este plano puede encontrarse en el anexo v del presente documento):

- 62: Prensa excéntrica presente en el proceso Estampación.
- 76: Prensa excéntrica presente en el proceso Estampación.
- 41: Prensa excéntrica presente en el proceso 41
- 89: Prensa hidráulica presente en el proceso Hidráulica.
- 80: Prensa hidráulica presente en el proceso Hidráulica.

Estas cinco son las máquinas principales en la empresa. De hecho, como se verá a posteriori, por importancia de volumen, las prensas 62, 76 y 41 son fundamentales para el buen hacer de la compañía.

Para terminar, la zona marcada en azul es una nave contigua a la empresa, alquilada por Matrices Alcántara, donde se almacenan gran cantidad de objetos, y que, actualmente está desordenada, siendo un espacio muy aprovechable donde poder realizar cambios en caso de necesidad.

## 2.5 Productos

En este punto, se empieza por describir los productos más importantes, los cuales están asociados a procesos concretos. Para ello, se realizarán dos análisis diferentes, el primero de ellos estará basado en la facturación que generan las diferentes referencias a la organización y el segundo, en el volumen de piezas vendidas.

Para ambos análisis, las piezas con alta repercusión abarcarán el 70% del total, tratándose de la facturación en el primer caso y el volumen en el segundo. Después de observar los datos que se desprenden al llevar a cabo esta actividad, se decidirá cuáles son los procesos más importantes y se realizarán Value Stream Maps de cada uno de ellos.

A continuación, se presentan gráficos de los correspondientes análisis. En cuanto a las tablas de las que salen dichos gráficos, al tener un volumen amplio, se encontrarán en el anexo iv del presente documento (tablas 82 y 83).

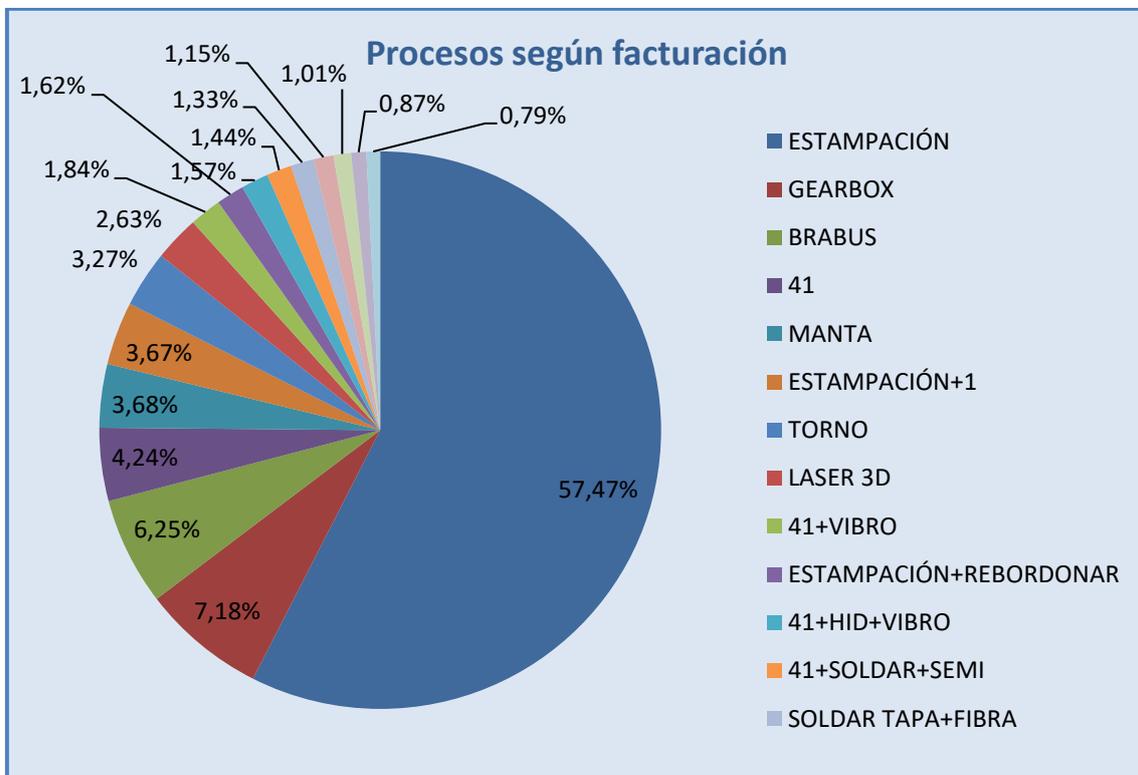


Gráfico 1. Importancia de los diferentes procesos en función de la facturación (Fuente: Elaboración propia)

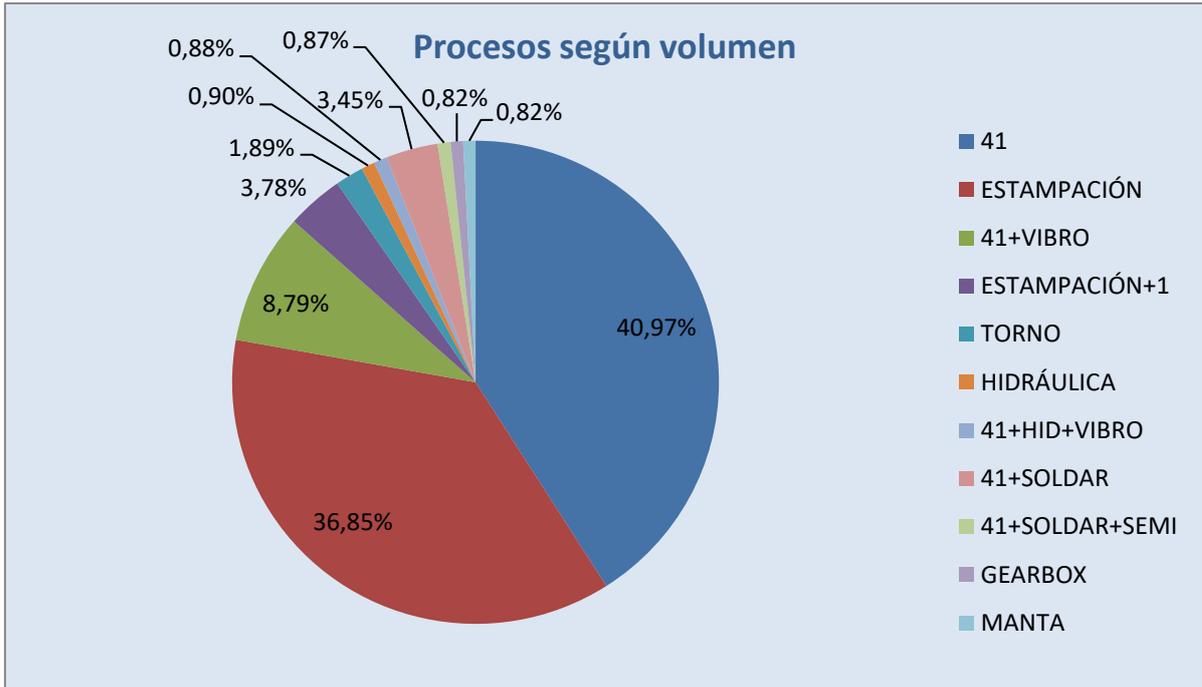


Gráfico 2. Importancia de los diferentes procesos según volumen facturado (Fuente: Elaboración propia)

En las tablas 82 y 83 del anexo iv y en los gráficos 1 y 2 se pretende mostrar cuáles son los procesos que cobran más importancia en Matrices Alcántara. Como ya se comentó antes, para realizar el análisis se han tenido en cuenta dos aspectos: facturación y volumen.

Empezando por la facturación, como se puede observar en el gráfico 1, el 57% se realizó con productos fabricados mediante el proceso estampación, por lo que ya de primera mano, cabe esperar que sea importante en el devenir de la empresa. Observando el volumen (gráfico 2), el 40,63% de los productos pasan de alguna forma u otra por alguna de las prensas excéntricas que lleva consigo el proceso estampación, por lo que, aunque no es el que más volumen conlleva, sí que cobra importancia y será objeto de análisis en un posterior VSM.



Ilustración 3. Pieza final proceso estampación (Fuente: Elaboración propia)

Los siguientes procesos según facturación son los llamados Gearbox y Brabus. Gearbox, como se indica en las comentadas tablas 82 y 83, no tiene un gran volumen de ventas, pero sí que imprime un alto valor a la pieza en el proceso productivo ya que hasta que se obtiene la pieza final, es necesario realizar muchos procesos intermedios, por lo que la facturación es relativamente alta.



Ilustración 4. Pieza final proceso Gearbox (Fuente: Elaboración propia)

Con el proceso Brabus ocurre algo similar, no se aprecia un alto volumen de ventas, pero sí se genera un alto valor añadido, por lo que la facturación es elevada.

Sin embargo, esta alta facturación puede llevar a engaño ya que la materia prima en este tipo de procesos son piezas obtenidas en empresas externas, no se lleva a cabo toda la transformación del producto en Matrices Alcántara por lo que, el beneficio neto en este caso no es tan elevado como cabe esperar, por lo que debido a esto y a que sus volúmenes no son significativos, no serán objeto de análisis posterior.



Ilustración 5. Pieza final proceso Brabus (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto a facturación, los tres procesos mencionados anteriormente son los que cobran más importancia. Analizando el volumen, además de estampación, destaca un proceso por encima de todos, aquel que tiene lugar en la prensa excéntrica 41. Se puede apreciar que el 40.97% de los productos salen directamente acabados de esta prensa y el 54.96% pasará por ella en alguna de sus fases hasta llegar a ser producto acabado. Sumando este 54.96% y el 40,63% de estampación, tenemos que el 95.59% de los productos fabricados en Matrices Alcántara llevarán uno de estos dos procesos por lo que es evidente que cubren la mayoría de la gama de productos de la compañía, con lo que serán objeto de estudio en el presente proyecto. Cabe destacar que, el proceso estampación es realizado en las prensas 62 y 76 mencionadas en el apartado anterior.



Ilustración 6. Pieza final proceso 41 (Fuente: Elaboración propia)

Habiendo seleccionado los procesos 41 y estampación como los más determinantes en Matrices Alcántara se procede a analizarlos más detalladamente mediante Value Stream Maps.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

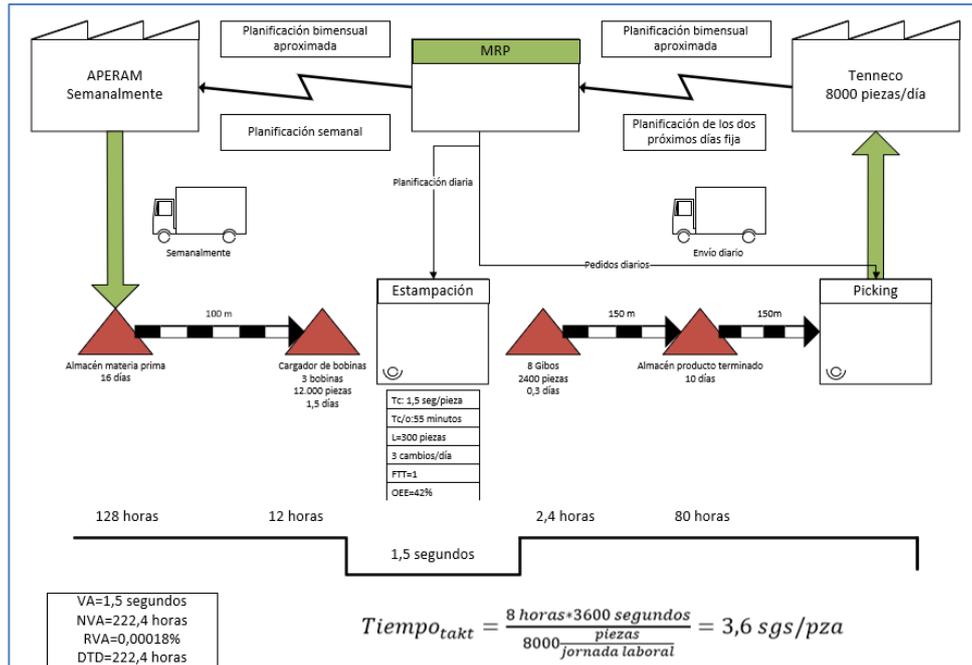


Ilustración 7. VSM proceso Estampación (Fuente: Elaboración propia)

En el proceso estampación, el principal cliente de la empresa, envía un fichero en el que aparece la demanda para los próximos dos meses. Las cantidades de producto para los próximos dos días desde que se envía el fichero son fijas, en cambio, a partir de ahí, la demanda puede sufrir fluctuaciones, como es lógico. Con la previsión correspondiente, Matrices Alcántara hace un pedido a proveedor de los materiales necesarios para cumplir con los requisitos del cliente. Esta materia prima, en promedio, se encuentra nueve días en el almacén hasta que son llevadas al cargador de bobinas, junto a la máquina, donde debería estar el material necesario para las referencias que próximamente van a ser fabricadas en las prensas. Allí permanecerá unas 12 horas hasta que entre en producción. El proceso, como se puede ver en la ilustración 7, tiene un tiempo de ciclo de 1,5 seg/pza, un tiempo de cambio de lote de 55 minutos, un FTT de 1, ya que generalmente, no hay fallos de calidad en el proceso y una OEE del 42,6%. Después de que las piezas han sido procesadas, el logístico interno es el encargado de llevar dicho producto final al almacén, donde permanecerá una semana y media aproximadamente, en promedio, para después ser cargadas en el camión y transportadas hasta la empresa cliente.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

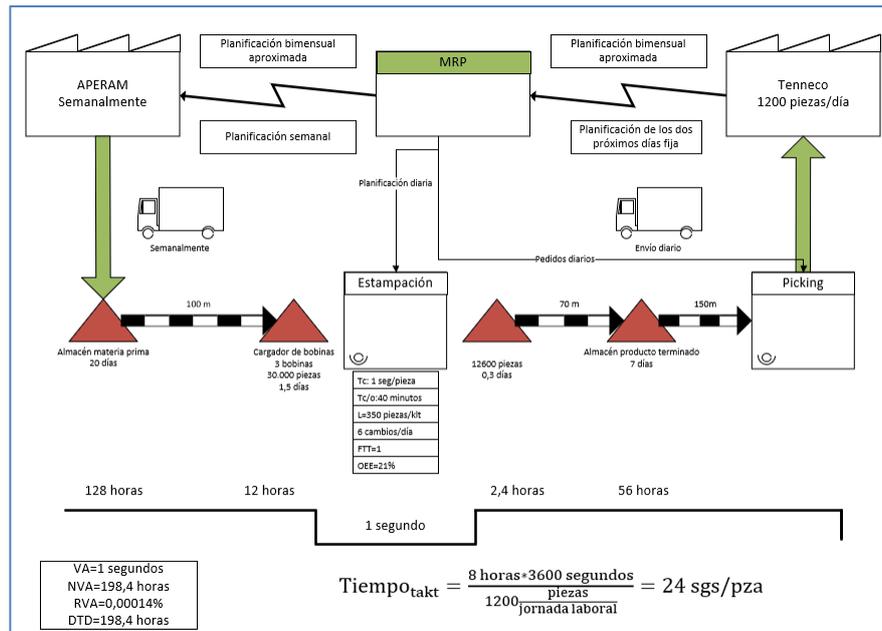


Ilustración 8 VSM proceso 41 (Fuente: Elaboración propia)

El proceso llevado a cabo en la prensa 41, es muy similar a estampación en cuanto a manejo de la demanda y el pedido de material al proveedor. Sin embargo, se puede observar que el DTD es de 414,3 horas, casi el triple que lo indicado en el proceso estampación. El producto en forma de materia prima se encuentra unas tres semanas en la nave de Matrices Alcántara simplemente almacenado, para después ser llevado al cargador de bobinas, en el que doce horas después será metido en máquina para ser procesado. Aquí se puede ver que el tiempo de ciclo es más rápido que el anterior, 1 seg/pza, y el tiempo de cambio de lote también es menor 40 minutos, sin embargo, se producen más cambios en el día debido a que hay una mayor variabilidad en el producto demandado además de una mayor cantidad, y hace que su OEE sea del 21%, por lo que será necesario eliminar el mayor desperdicio posible en este proceso para ganar en capacidad de máquina y hacer un replanteamiento de la cantidad a producir.

## 2.6 Procesos

- **GEARBOX:** La materia prima en forma de pieza de este proceso es traída a Matrices Alcántara por una empresa externa. A partir de ahí se le aplican cuatro fases de procesos de soldadura donde se le añaden diferentes tuercas (M6, M8...) y finalmente se revisan las roscas correspondientes a estas piezas para ser vendida al cliente
- **ESTAMPACIÓN:** La materia prima, en forma de bobina de acero, es introducida en una prensa que, mediante estampación, genera el producto terminado. Este proceso es llevado a cabo por las prensas excéntricas 62 y 76.
- **MANTA:** La primera fase consiste en cortar el formato de la bobina a la medida requerida por esta referencia, para después, llevar esta chapa a una prensa hidráulica que mediante embutición aporte la forma deseada. Por último, este proceso tiene una fase donde se recorta, se cala y se marca la pieza
- **TORNO:** Corresponde a un proceso más propio de la sección de matricería que de la sección de producción por lo que no nos detendremos en este proceso.
- **BRABUS:** La materia prima de este proceso es una chapa metálica cortada a láser por una empresa externa. Dicha chapa, cuando llega a Matrices Alcántara, se embute en prensa

hidráulica para darle la forma correspondiente. Después de esto, se realiza un doblado de puntas para terminar de conformar la pieza y por último, se le aplica un proceso de matizado, que consiste en aplicarle un producto químico concreto para que la pieza final sea más atractiva visualmente.

- **41:** Es un proceso de estampación, en el que la materia prima es una bobina de acero. Se diferencia con respecto al proceso *ESTAMPACIÓN*, en que las piezas producidas son más pequeñas en este caso y la prensa que realiza la transformación de materia prima a producto terminado es diferente y su denominación es *41*.
- **VIBRO:** Es un proceso para alguna de las piezas que salen del proceso *41*. Dichas piezas se introducen en un biombo con piedras canto vivo con el objetivo de quitar grasa cuando salen de la prensa y darles brillo. Además, con erosión que se produce, se puede eliminar pequeñas secciones de rebaba que pueda aparecer.
- **SOLDAR:** Consiste en unir dos piezas mediante soldadura por puntos.
- **HIDRÁULICA:** Proceso consistente en dar una determinada forma al producto en una prensa hidráulica.
- **REBORDONAR:** Proceso que se realiza en una empresa externa para determinadas piezas, consistente en doblar la parte externa de la pieza.

## 2.7 Clientes

El principal cliente de Matrices Alcántara es Tenneco Automotive Ibérica S.A. empresa a la que se le suministran productos diariamente. Además de esto, también se envían piezas semanalmente a sedes europeas de este cliente ubicadas en Alemania, Polonia, Portugal, Rusia o Inglaterra. Aunque esta empresa genera la mayor parte de los ingresos para la organización, Matrices Alcántara tiene otros clientes con los que se prevé que el volumen de negocio crezca. Estos son:

- Aguilar Muelles y Ballestas, empresa situada en la Comunidad Valenciana, concretamente en la provincia de Castellón y con la que se tienen previstos dos envíos de piezas semanales.
- Janspeed, empresa cuya sede se encuentra en Inglaterra y se encarga de fabricar coches de lujo. El acuerdo con esta organización consiste en un envío mensual de unas piezas muy concretas que llevan un proceso muy laborioso.
- Fermax, empresa situada en la provincia de Valencia con la que se tiene una frecuencia de pedidos de una vez a la semana.
- Talleres Pedro Barberá S.L. situada en la Comunidad Valenciana y con la que se tiene una frecuencia de pedidos de una vez por semana.

## 2.8 Proveedores

Como ya se indicó en apartados anteriores, la mayoría de productos de la organización llevan consigo proceso 41 o estampación, lo cual hace que la materia prima sean bobinas. Para la compra de estos productos, se tienen tres proveedores principales:

- Aperam, empresa surtidora de acero por toda Europa y Brasil, a la cual se le pide el 60% del material a utilizar en la fabricación de piezas.

- Acerinox, principal proveedor de Matrices Alcántara hasta enero de 2018 que se ha visto relegada a un segundo plano debido a que se ha alcanzado un acuerdo más ventajoso con Aperam. Aun así, suministra aproximadamente el 30% del material.
- Thyssenkrupp, cuya relación con Matrices Alcántara es relativamente nueva y se ocupa del 10% de la materia prima demandada por la organización.

## 2.9 Unidades de embalaje

Matrices Alcántara tiene principalmente, tres unidades de embalaje diferenciadas:

- GIBO: Contenedor metálico con medidas de 1240x835x970mm utilizadas en su mayoría en el proceso estampación.



Ilustración 9 Gibo (Fuente: (Rotom, facilities your logistics, s.f.)

- KIT: Contenedor metálico igual que el GIBO, utilizado en el proceso estampación, pero con una compuerta que lo divide a la mitad. Esto es debido a que muchas piezas fabricadas en la planta son complementarias y luego son soldadas en diferentes procesos efectuados por el cliente.



Ilustración 10 KIT (Fuente: Elaboración propia)

- KLT: Cajas de plástico de dimensiones 594x396x280mm utilizadas sobre todo en el proceso 41 en el que las piezas no son demasiado grandes.



Ilustración 11 KLT (Fuente: (<https://grupopaletplastic.es>, s.f.)

## 2.10 Materias primas

Dentro de la materia prima, existen distintos tipos tanto de material, como de calidad. Entre los distintos tipos de material de las bobinas están el acero galvanizado, aluminio y acero con aleación, siendo este último el más utilizado en la mayor parte de las producciones.

En cuanto a calidad, existen tres tipos principales en función del tratamiento que ha experimentado la materia prima:

- 1.4510: Este acero aleado contiene titanio, lo que le confiere una muy buena resistencia a la corrosión intergranular y a la corrosión por picaduras. Esta adición hace que el acero mejore la soldabilidad ya que permite obtener buenas propiedades de tenacidad y ductilidad. Presenta buenas características de embutibilidad. Sus principales aplicaciones son en lavadoras, tubos y sistemas de escape (piezas fabricadas en Matrices Alcántara). (Acerinox, Acero Inoxidable Ferrítico ACX 515, 2013)

COMPOSICIÓN QUÍMICA	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti
	≤0,050	≤1,00	≤1,00	≤0,040	≤0,015	16,00-18,00	≥0,20+4 (C+N)

- 1.4512: Acero ferrítico estabilizado con titanio, que posee buena resistencia a la oxidación a temperaturas elevadas además de buena resistencia a la corrosión en ambientes poco agresivos. La presencia de titanio y bajos contenidos en carbono y nitrógeno confieren a este acero buena conformabilidad y soldabilidad. Sus principales aplicaciones se encuentran en sistemas de escape (silenciador, convertidor catalítico y tubos). (Acerinox, Acero inoxidable ferrítico ACX 800, 2013)

COMPOSICIÓN QUÍMICA	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti
	≤0,030	≤0,75	≤0,80	≤0,040	≤0,015	10,50-12,25	≥6 (C+N)

- 1.4509: Acero ferrítico estabilizado con titanio y niobio que ofrece buena resistencia mecánica y a la oxidación a alta temperatura. En general, presenta mejores prestaciones de conformabilidad y soldabilidad frente a otros aceros inoxidables ferríticos. (Acerinox, Acero inoxidable ferrítico ACX 845, 2013)

COMPOSICIÓN QUÍMICA	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Nb
	≤0,030	≤1,00	≤1,00	≤0,040	≤0,015	17,50-18,50	≥0,10	0,30-1,20

Conocida ya la clasificación de materiales en cuanto a su calidad en el mayor número de casos, se pasa a explicar el código de material en su totalidad. En el anexo iv, se presenta la tabla 54, en la que aparece una previsión de demanda de los materiales existentes en Matrices Alcántara, y en la columna de la izquierda se pueden observar los códigos mencionados anteriormente. Se tiene unos primeros dígitos que hacen referencia a las características propias del acero (Ej: 1,4509). Después se indican el ancho de la bobina y el espesor (467x1). Como se puede apreciar en dicha tabla, la variabilidad de materiales en la empresa es bastante numerosa.

## 2.11 Objeto del Problema

En primera instancia, Matrices Alcántara quería realizar un proyecto con el objetivo de mejorar su planificación de la producción y con ello diseñar una herramienta Excel encargada de realizar dicha actividad sin que al planificador de la producción le llevase un tiempo excesivo llevar a cabo esa tarea.

Sin embargo, una vez adentrados en la empresa y analizando los productos y procesos de la organización, el inventario disponible y la materia prima existente, se llegó a la conclusión de que no solamente existía un problema en cuanto a la herramienta planificadora, sino que faltaba un método concreto a la hora de planificar la producción ya que, por la mentalidad existente, se considera, por lo general, más ventajoso realizar menos cambios de lote y ganar tiempo de producción, aunque a costa de ello se encuentre el almacén lleno y haya piezas durante dos meses estacionadas. Además del problema relativo al espacio, la empresa se ve obligada a adelantar capital en forma de materia prima que se encontrará inmovilizado, produciendo un lead time muy alto, por lo que no podrá cobrar el valor añadido generado.

En lo referente al problema del espacio en los almacenes, se hace importante atajarlo debido a que la empresa se ha planteado la posibilidad de alquilar instalaciones externas con el fin de almacenar ahí el producto terminado y tener sitio disponible en la nave actual de Matrices Alcántara para tener solamente la cantidad a servir correspondiente a una semana vista.

Tampoco existe un control exhaustivo a la hora de realizar pedidos de materia prima, no hay un criterio a la hora de decidir qué pedir, cuándo pedirlo y en cuánto tiempo, con lo que habitualmente se encuentra un nivel de bobinas excesivamente alto, ocupando un gran espacio, y otras veces, no hay material suficiente para fabricar un producto que debe ser entregado esa misma semana.

Además de esto, los almacenes y las ubicaciones de producto terminado están la mayoría sin identificar, encontrándose los layouts correspondientes obsoletos y sin guardar ningún tipo de orden a la hora de colocar productos, por lo que el logístico externo pierde mucho tiempo en encontrar las piezas requeridas por el cliente, llegando en ocasiones a no servir producto por no saber exactamente dónde se encuentra.

Esta serie de problemas, además de afectar de lleno al departamento de producción, involucra desde a logísticos, tanto internos como externos, como a la dirección, ya que tienen que buscar soluciones ante, sobre todo, falta de espacio, teniendo esto un sobre coste importante, ya sea a nivel de adelanto de capital en materia prima como a nivel de alquiler de instalaciones.

## 2.12 Procesos asociados al problema.

A continuación, se va a exponer en un diagrama BPMN el proceso que engloba el problema a tratar, pudiéndose ver los departamentos que están afectados por el mismo.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

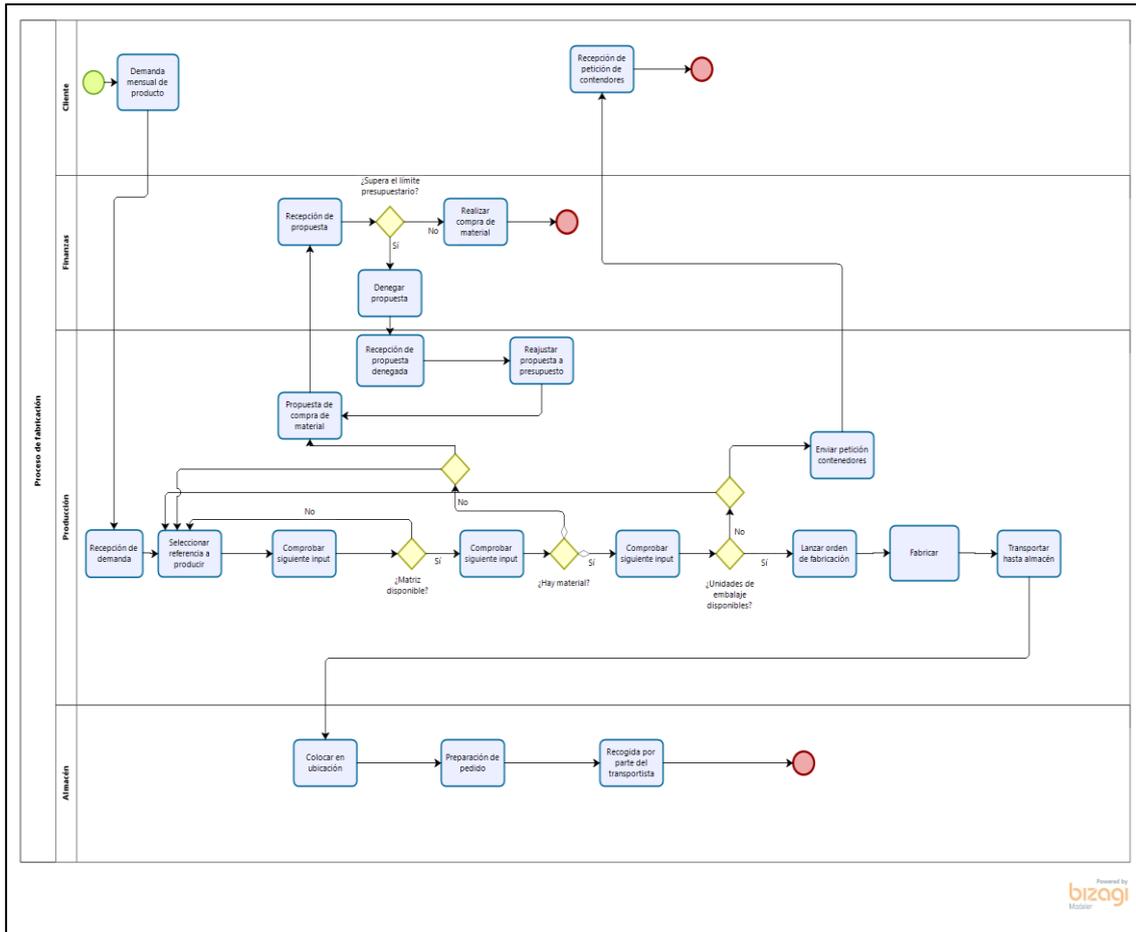


Ilustración 12. Diagrama BPMN del proceso asociado al problema (Fuente: Elaboración propia)

La primera fase del proceso consiste en el envío de información de demanda por parte del cliente a la empresa, que la recibe y analiza los requerimientos para los próximos dos meses. Después, se decide la referencia que es más conveniente producir en dicho momento. Posterior a esto, es necesario que la matriz con la cual se produce la pieza elegida esté disponible para poder avanzar a la siguiente fase del proceso. En caso contrario, no se podrá fabricar dicha referencia y se tendrá que escoger otra. El siguiente paso es comprobar si el material necesario para la producción elegida está disponible. Si esto es así se pasará a comprobar el siguiente input de fabricación y en caso negativo, se lanzará una orden de compra que irá al departamento de finanzas. El responsable financiero calculará el coste del pedido y si es mayor del límite presupuestario, denegará la orden demandada por el departamento de producción advirtiéndole que es necesario ajustarse más al presupuesto. Si no se sobrepasa dicho límite, se realizará el pedido de material.

Si los dos primeros inputs son positivos, queda por comprobar un tercero correspondiente a la unidad de embalaje de cada referencia. Si existen suficientes unidades como para cubrir la orden completa de fabricación, se lanzará la orden, se fabricará y una vez finalizado esto, se depositará el producto terminado en el almacén. Si en caso contrario, no hay suficientes unidades de embalaje, se tendrá que escoger otra referencia para producir y se realizará una orden de aprovisionamiento de la unidad correspondiente al cliente, lo cual está pactado por contrato.

A modo de resumen, en la siguiente ilustración se muestra el proceso de una manera más concreta, enfocándose en los inputs que es necesario dominar para tener controlado el proceso.

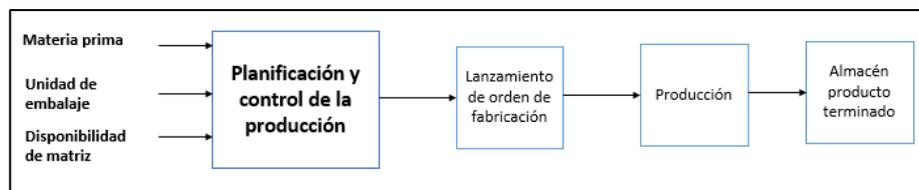


Ilustración 13 Diagrama de bloques del proceso de planificación y control de la producción (Fuente: Elaboración propia)

Por lo que, los inputs sobre los que hay que tener un control exhaustivo son:

- Matriz necesaria para fabricar
- Material correspondiente a la referencia fabricada
- Existencia de unidades de embalaje donde almacenar las piezas

Si uno de estos tres agentes de entrada no está disponible, la referencia en cuestión no podrá ser producida con lo que se tendría que lanzar otro tipo de pieza.

Aunque los tres inputs estén controlados (ya se dijo en el apartado anterior que el control sobre la materia prima no era perfecto), sigue estando la pregunta a la hora de tomar la decisión de qué referencia lanzar a la producción y en qué cantidad. No tener un criterio en estos aspectos, conlleva a la empresa a tener un alto stock de producto terminado acarreando problemas de capital inmovilizado y de espacio, por lo que en capítulos posteriores se realizará un riguroso análisis con el objetivo de saber qué cantidad de qué referencia lanzar a producir y cuándo realizarlo.

### 2.13 Estructura organizativa afectada.

El departamento más involucrado en este proceso, como es obvio, es producción y logística, encabezado por su encargado, estando implicados también el planificador de producción, responsable, además, de calcular y pedir la materia prima necesaria para cumplir con la demanda, y los especialistas. Si se quiere mantener control sobre los inputs del proceso descritos en el apartado anterior, es necesario que el departamento de mantenimiento se vea involucrado activamente, detallando el estado de las matrices y estimando el plazo necesario de reparación para aquellas que no estén disponibles. Por último, como se ha comentado anteriormente, en lo que respecta a pedir material, el departamento de finanzas tendrá la última palabra sobre los requerimientos del departamento de producción y logística a la hora de realizar órdenes de compra, supervisando que el dinero que se quiere invertir no supere el presupuesto fijado por la dirección.

### 2.14 Conclusiones.

La finalidad del presente capítulo es dar a conocer la empresa y el entorno del presente proyecto.

Se ha descrito brevemente la organización en la que se va a trabajar, además de su organigrama, se han analizado los productos y procesos más relevantes, así como sus proveedores y clientes y se ha tratado el objeto del problema, haciendo hincapié en la necesidad de controlar los inputs del proceso de planificación de producción y en la necesidad de implantar un método claro para

definir la cantidad a producir de una determinada referencia, así como cuándo realizar dicha fabricación.

Se ha expuesto que la ausencia de todo esto, conlleva los diversos problemas que tiene la empresa en estos momentos: exceso de inventario de producto terminado sobrecargando el almacén, posibilidad de exceso de materia prima que no es necesaria en un período corto de tiempo, no cumplir la demanda exigida por el cliente debido a que no hay existencias de material para fabricar ese producto en concreto, pérdida de tiempo del logístico externo debido a que no hay un layout claro en el que las referencias tengan ubicación...

En los próximos capítulos se propondrán soluciones a estos problemas, tanto teóricas como prácticas, con el fin de mejorar todo el proceso de producción de Matrices Alcántara.

### 3 Descripción de las Incidencias/Observaciones/Síntomas

#### 3.1 Introducción

Con este apartado, se pretenden buscar síntomas sobre lo que sucede en el día a día en la empresa que llevarán a problemas concretos a resolver. Se presentarán fichas tipo donde se describen brevemente las incidencias, se estima el impacto que tienen sobre el proceso de producción y su frecuencia, y se expondrá alguna acción de mejora. El objetivo de emplear estos síntomas es encontrar causas raíces comunes en las diferentes acciones que acontecen en la empresa y a partir de ahí buscar soluciones que produzcan beneficios en la organización. Para ello, después de haber listado todas estas incidencias y haberlas ponderado según su grado de importancia, se realizarán análisis de causa raíz para cumplir con el objetivo del apartado.

#### 3.2 Descripción de incidencia y valoración según importancia

##### 3.2.1 Descripción de incidencias

En esta primera incidencia se describe una de las acciones con más recurrencia en la planta de Matrices Alcántara, la falta de material de producción. En ocasiones, se pensaba que había material suficiente como para fabricar la cantidad pedida por el cliente. Sin embargo, en el momento en que el logístico iba en busca de la materia prima, no encontraba dicho material.

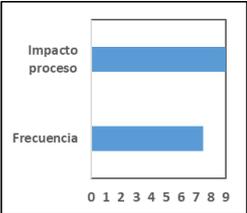
<i>1. Falta de material de producción</i>		
<b>Observación:</b> En diversas ocasiones la planificación de la producción se ha visto comprometida porque no había material disponible para fabricar la referencia elegida. Además de esto, hay desviaciones entre la cantidad de material disponible en el stock según el ERP y la real.		
<b>Fuente de información:</b> • José Carlos de las Heras	<b>Departamento:</b> • Producción	<b>Lugar donde se observó:</b> • Planta de Matrices Alcántara • Oficina de producción
<b>Impacto en el proceso de producción:</b> 	<b>Impacto preliminar:</b> 1 No es posible realizar la planificación deseada debido a la restricción que impone la falta de determinados materiales 2 Posible ruptura de stock debido a falta de material	<b>Área de conocimiento:</b> • Logística • Aprovisionamiento de materiales • Planificación de la producción
<b>Posibles acciones de mejora:</b> • Realizar inventarios de materiales periódicamente para que no hay desviaciones entre el stock de material real y los proporcionados por el ERP. • Implementar una herramienta para facilitar el punto de pedido de material de manera que nunca sea esta una limitación a la hora de producir.		

Tabla 1. Incidencia 1: Falta material de producción (Fuente: Elaboración propia)

A la hora de lanzar las órdenes de producción para aquellas referencias que utilizan la misma matriz, el planificador de producción lo hace siguiendo la lógica existente en una hoja establecida ya hace años en la planta, que teóricamente optimiza el tiempo de cambio de lote entre una referencia y otra. En muchas ocasiones, se fabrican referencias que no sería necesario producir por el simple hecho de que siguiendo esa secuencia se ahorra tiempo en los cambios. Además, no se han realizado comprobaciones que garanticen que dicha secuencia sea el mejor modo de organizar la producción.

## 2. Secuencia de cambio de lote

### Observación:

Existe una hoja de cambio de lote en aquellas matrices que producen varias referencias donde se expone una secuencia de montaje de los utillajes achacando que se emplea un menor tiempo de preparación. Dicha hoja es antigua y no se han realizado comprobaciones recientes demostrando que la secuencia es la idónea.

### Fuente de información:

- José Carlos de las Heras

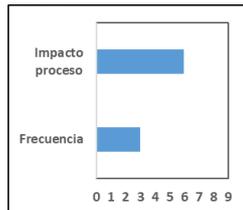
### Departamento:

- Producción

### Lugar donde se observó:

- Oficina de producción

### Impacto en el proceso de producción:



### Impacto preliminar:

- 1 Falta de flexibilidad a la hora de fabricar piezas de una misma matriz
- 2 No existe documento que demuestre que esa secuencia de cambios sea beneficiosa

### Área de conocimiento:

- SMED
- Planificación de la producción

### Posibles acciones de mejora:

- Comprobar con método de medición de tiempos que esa secuencia es la más rápida
- Realizar SMEDs para disminuir el tiempo de preparación y ganar capacidad de máquina

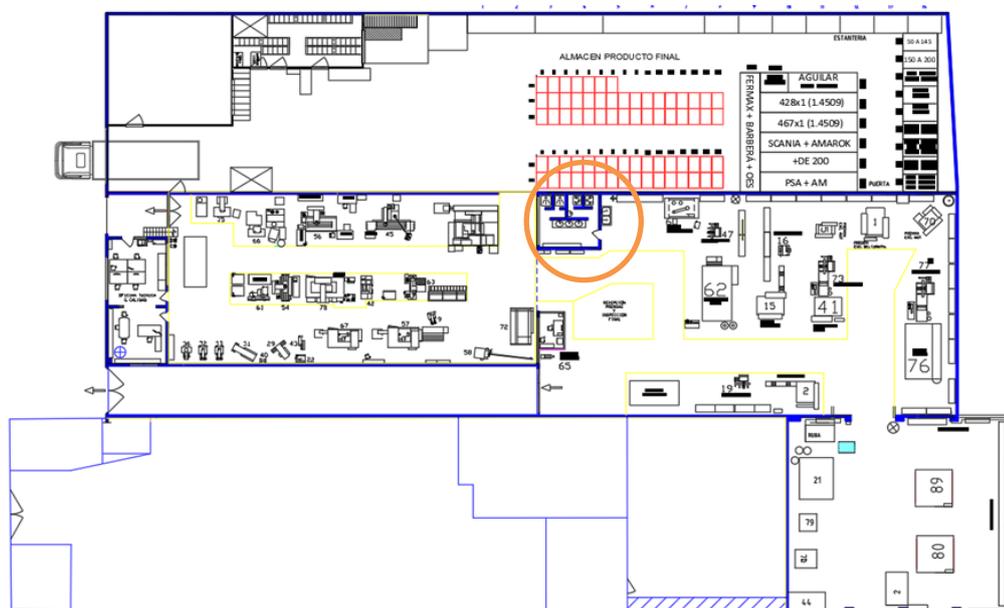


Tabla 2. Incidencia 2: Secuencia de cambio de lote (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se presenta la tercera incidencia, que tuvo lugar en la oficina de dirección de la planta. En un principio se pretendía reunir a todos los departamentos con el objetivo de evaluar la implantación de una nueva herramienta de planificación de producción que facilitase la labor al encargado de llevar a cabo ese trabajo. Sin embargo, la reunión en vez de durar 30 minutos se alargó hasta las dos horas, y se terminó hablando de conceptos como el tiempo de ciclo ideal que poco tenían que ver con el tema a tratar.

### 3. Reunión top 30

**Observación:**

Se asistió a una reunión top 30 para evaluar una nueva herramienta de planificación donde la dirección de la empresa no se ponía de acuerdo respecto a si había que realizar la planificación de la producción empleando el tiempo de ciclo ideal de la máquina o el tiempo de ciclo real, lo que ocasionó que la reunión prevista para treinta minutos durase dos horas.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

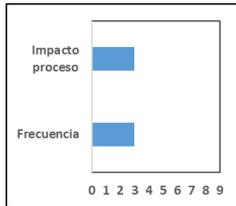
**Departamento:**

- Dirección
- Oficina técnica
- Calidad
- Producción

**Lugar donde se observó:**

- Oficina de dirección

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 Falta de eficiencia operativa
- 2 Falta de comunicación entre las partes

**Área de conocimiento:**

- Gestión de reuniones
- Cálculo de indicadores
- Conceptos sobre tiempos de ciclo real e ideal

**Posibles acciones de mejora:**

- Respetar turnos de palabra
- Preparar conceptos básicos sobre el tema a tratar antes de acudir a la reunión

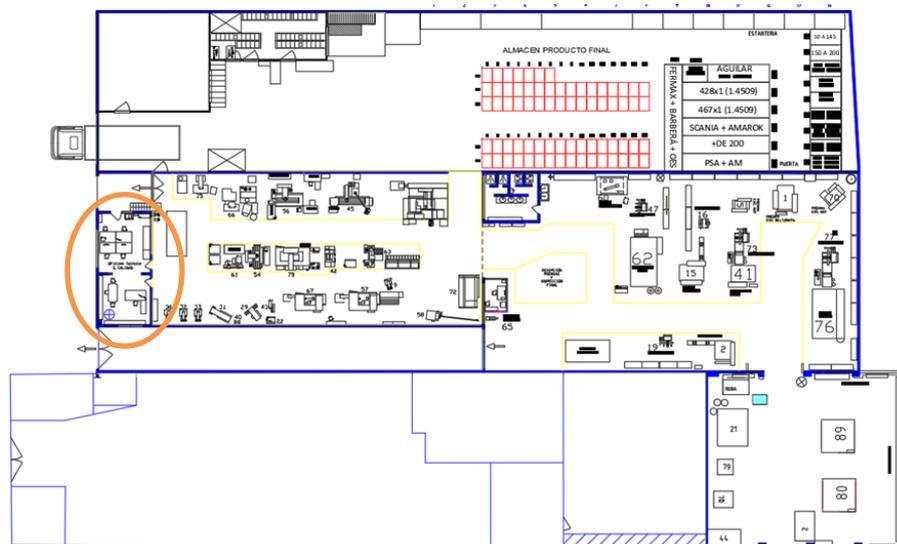


Tabla 3. Incidencia 3: Reunión top 3 (Fuente: Elaboración propia)

En la próxima incidencia se describe que, con bastante frecuencia, no hay disponibilidad de unidades de embalaje suficientes para acometer las necesidades de la producción, pudiendo poner en riesgo la entrega de la demanda.

#### 4. Falta de unidades de embalaje

**Observación:**

En diversas ocasiones la planificación de la producción se ha visto comprometida porque no se disponían de existencias de unidades de embalaje necesarias donde alojar el producto terminado.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

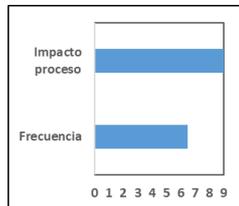
**Departamento:**

- Producción

**Lugar donde se observó:**

- Planta de Matrices Alcántara

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 Pérdida de control sobre el proceso de planificación de producción

**Área de conocimiento:**

- Planificación de producción

**Posibles acciones de mejora:**

- Acordar con el cliente un número de unidades de embalaje necesarias para llevar a cabo la producción deseada

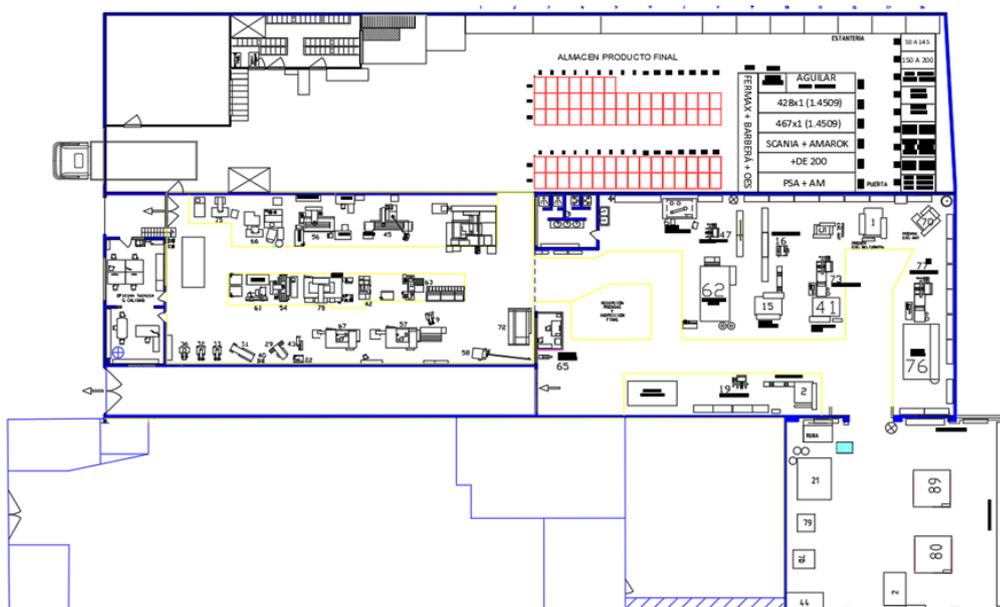


Tabla 4. Incidencia 4: Falta de unidades de embalaje (Fuente: Elaboración propia)

Debido a problemas que surgieron en la planta, era conveniente realizar un análisis para contravenir dichos problemas y se organizó una reunión con todos los departamentos implicados con el objetivo de que todos aportasen su visión respecto al problema e ideas para introducir contramedidas. Sin embargo, sólo acudieron a dicha reunión los integrantes del departamento de calidad.

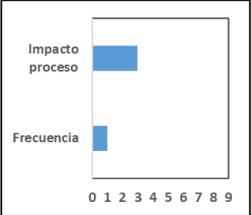
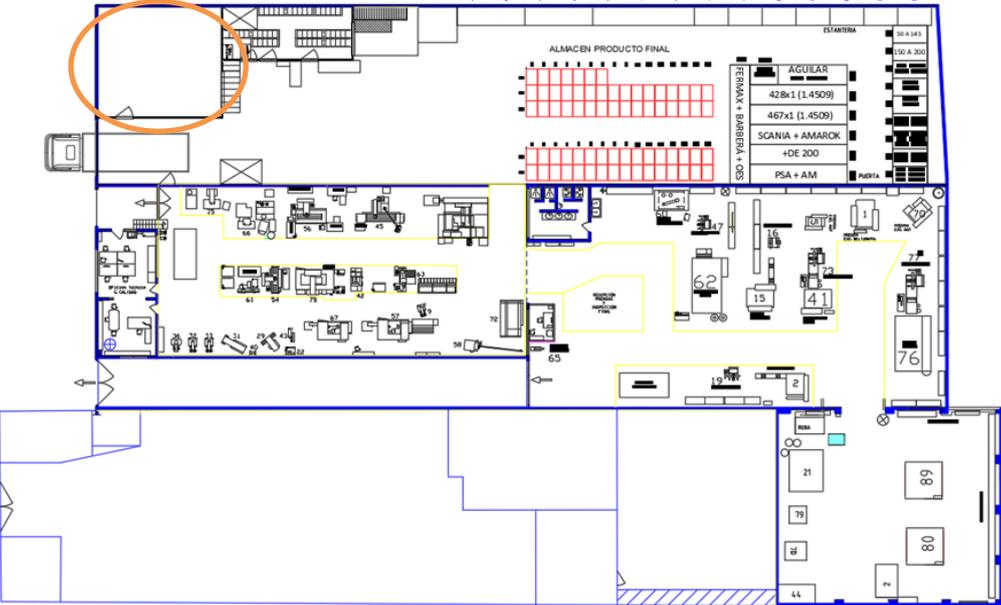
5. Reunión 8D		
<p><b>Observación:</b> Se convocó a la dirección de la empresa, al jefe de producción, al departamento de calidad y al jefe de oficina técnica a una reunión para realizar un 8D y sólo acudió a la cita el departamento de calidad</p>		
<p><b>Fuente de información:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Técnico de calidad</li> </ul>	<p><b>Departamento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Producción</li> <li>Dirección</li> <li>Oficina técnica</li> <li>Calidad</li> </ul>	<p><b>Lugar donde se observó:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Oficina técnica</li> </ul>
<p><b>Impacto en el proceso de producción:</b></p> 	<p><b>Impacto preliminar:</b></p> <p>1 No resolver problemas importantes que afectan a todos los departamentos de la empresa y no poner medios para que la negligencia no vuelva a ocurrir</p>	<p><b>Área de conocimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión de reuniones</li> <li>Equipos de mejora</li> <li>Identificación de causas raíz</li> </ul>
<p><b>Posibles acciones de mejora:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acordar un día en que todos los integrantes de la empresa puedan acudir a la reunión y si, por algún imprevisto de última hora no se puede ir, avisar.</li> </ul>		
		

Tabla 5. Incidencia 5: Reunión 8D (Fuente: Elaboración propia)

Para un cliente secundario de Matrices Alcántara existe la peculiaridad de que se planifica la producción en función de los KLTs disponibles en la fábrica, hecho que debiera cambiar ya que es un condicionante importante para cumplir el objetivo de cumplir con la demanda.

### 6. Regulación de la producción mediante unidades de embalaje para un cliente determinado

**Observación:**

Para un cliente concreto, en ocasiones no se llega a satisfacer la demanda ya que no existen suficientes KLTs donde alojar el producto terminado.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

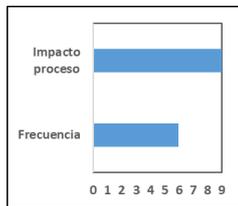
**Departamento:**

- Producción

**Lugar donde se observó:**

- Oficina de producción

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 No se sirve la totalidad de la demanda solicitada por el cliente debido a que no se suministran los KLTs necesarios a la empresa.

**Área de conocimiento:**

- Planificación de producción
- Gestión de unidades de embalaje

**Posibles acciones de mejora:**

- Establecer por escrito con el cliente los KLTs necesarios para poder satisfacer la demanda regularmente

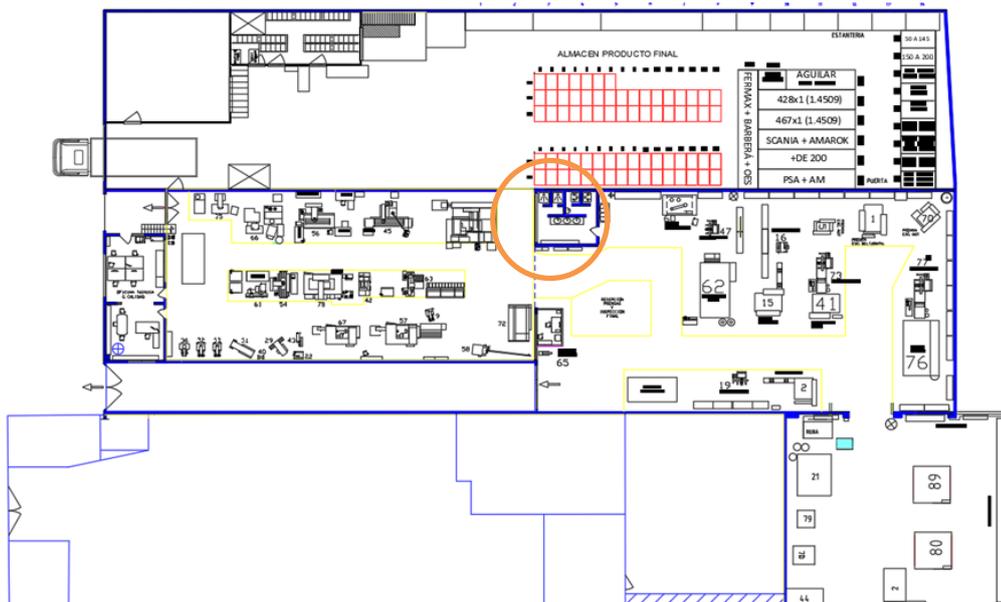


Tabla 6. Incidencia 6: Regulación de la producción mediante unidades de embalaje para un cliente determinado

(Fuente: Elaboración propia)

Al lado de la nave donde se realiza toda la fabricación de productos en las prensas, existe otro espacio alquilado por Matrices Alcántara que está totalmente desordenado y actualmente su función simplemente es el almacenaje de maquinaria obsoleto o materia prima que no va a ser utilizada, pudiéndosele dar un uso mucho mayor.

### 7. Nave contigua infrutilizada

**Observación:**

Matrices Alcántara dispone de una nave adyacente a la principal totalmente desordenada donde se acumulan las referencias que se sirven semanalmente además de chatarra, matrices viejas y bobinas de materia prima que se utilizan con muy poca frecuencia.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

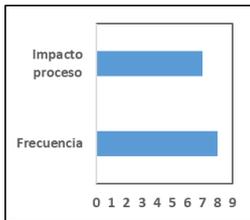
**Departamento:**

- Dirección

**Lugar donde se observó:**

- Nave contigua a la principal

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 Inutilización de espacio por parte de la empresa pudiéndose utilizar para un gran número de situaciones.

**Área de conocimiento:**

- Gestión de almacén
- Gestión de stocks
- Gestión de materia prima
- 5S

**Posibles acciones de mejora:**

- Aplicar las 5S en la nave con el fin de aprovechar el espacio disponible
- Utilizar dicho espacio como almacén de materia prima o producto terminado

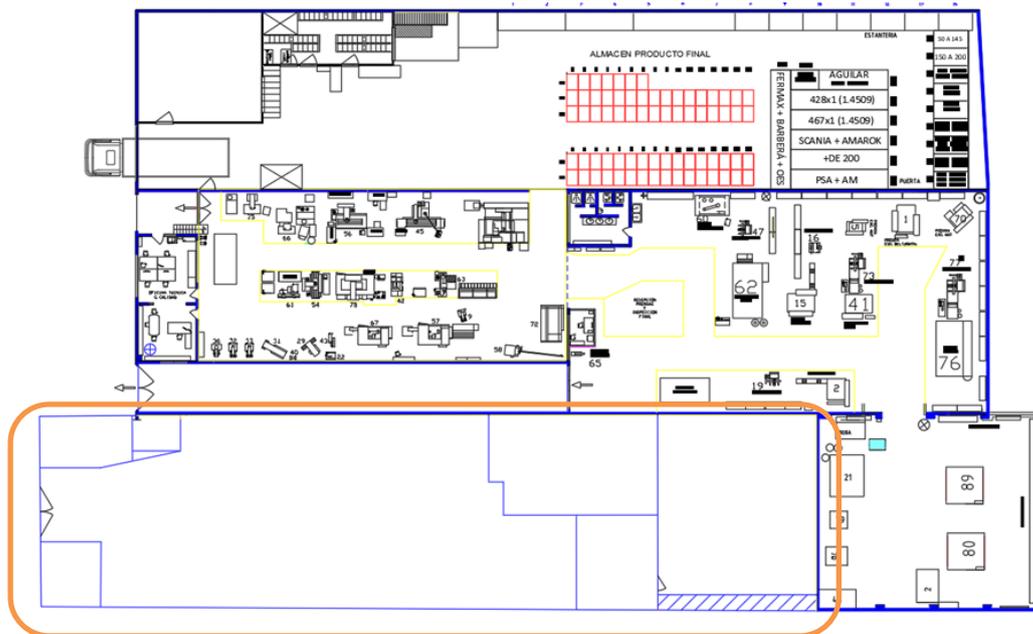


Tabla 7. Incidencia 7: Nave contigua infrutilizada (Fuente: Elaboración propia)

Después de realizar una primera producción y comprobar que las piezas obtenidas se encuentran dentro de especificación, el departamento de oficina técnica se desentiende de dicha matriz. En ocasiones ha sucedido que a la cuarta o quinta vez que se monta una matriz en la prensa, las piezas fabricadas no están dentro de especificación, con lo que es probable que se debiera realizar un seguimiento mayor cuando se fabrica una matriz nueva.

### 8. Problemas con la validación de matrices

**Observación:**

El departamento encargado de diseñar las matrices, oficina técnica, realiza una prueba de verificación de piezas, en la que si la primera producción realizada es correcta, se desentienden de la matriz pasando los problemas posteriores al departamento de mantenimiento.

**Fuente de información:**

- Técnico de calidad

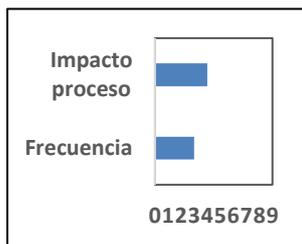
**Departamento:**

- Oficina técnica
- Calidad
- Mantenimiento

**Lugar donde se observó:**

- Oficina de producción

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- En repetidas ocasiones, dos o tres producciones después de realizar la primera prueba con la matriz, salen las piezas con defectos.

**Área de conocimiento:**

- Calidad de producto terminado
- Diseño de matrices

**Posibles acciones de mejora:**

- Ampliar el número de piezas hasta que la matriz esté totalmente validada, es decir, erradicar el procedimiento actual en el cual oficina técnica se desentiende de las matrices una vez realizada la primera prueba y esperar a cómo van evolucionando las producciones de piezas para las diferentes matrices porque normalmente estos problemas están ocasionados por fallos de diseño.

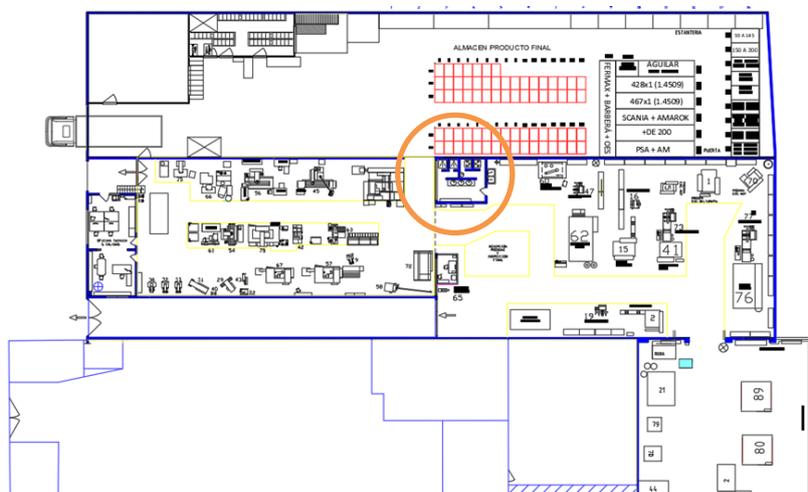


Tabla 8. Incidencia 8: Problemas con la validación de matrices (Fuente: Elaboración propia)

En varias ocasiones, diferentes miembros de la empresa han tenido que realizar horas extra con el objetivo de cumplir con la demanda. Probablemente esto sea debido a una mala gestión de recursos tanto de planificación de producción como de acopio de material.

### 9. Horas extra para cumplir con la demanda

**Observación:**

En repetidas ocasiones se tienen que realizar horas extra para poder cumplir el plan de producción.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

**Departamento:**

- Producción

**Lugar donde se observó:**

- Planta de Matrices Alcántara

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 Falta de planificación de la producción
- 2 Ruptura de stocks en determinados momentos

**Área de conocimiento:**

- Gestión de personal
- Planificación de producción

**Posibles acciones de mejora:**

- Mejorar el proceso de planificación de producción controlando todos sus inputs y en caso de que se dependa de proveedor externo, demandar los componentes necesarios con el tiempo estipulado.
- Contratar personal.

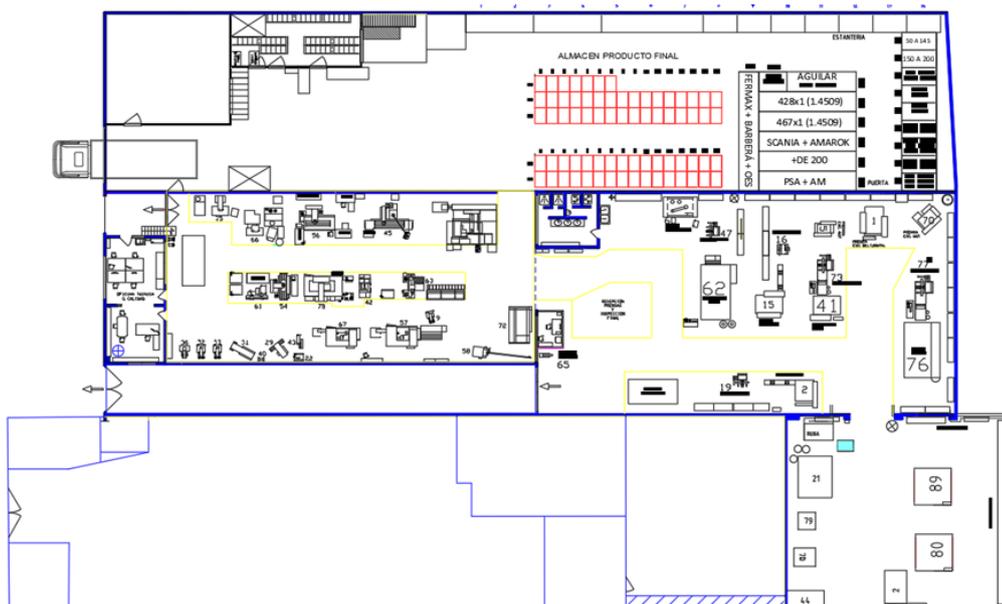


Tabla 9. Incidencia 9: Horas extra para cumplir con la demanda (Fuente: Elaboración propia)

Esta incidencia va en consonancia con la anterior. En ocasiones se ha tenido que recurrir a un transporte especial para hacerle llegar al cliente las piezas necesarias para que no paren sus líneas, lo que refleja una mala gestión de los recursos disponibles en la planta.

### 10. Uso de transportes especiales

**Observación:**

En alguna ocasión se ha tenido que recurrir a pagar un transporte especial para surtir piezas al cliente debido a que en el momento necesario ese producto no estaba fabricado.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

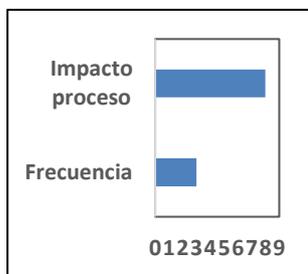
**Departamento:**

- Producción

**Lugar donde se observó:**

- Planta de Matrices Alcántara

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 Aumento del gasto en transporte
- 2 Posible ruptura de stock con el cliente

**Área de conocimiento:**

- Planificación de la producción
- Gestión de stocks

**Posibles acciones de mejora:**

- Gestionar mejor todo el proceso de planificación controlando sus inputs.
- Crear herramienta que facilite el control de dicho proceso

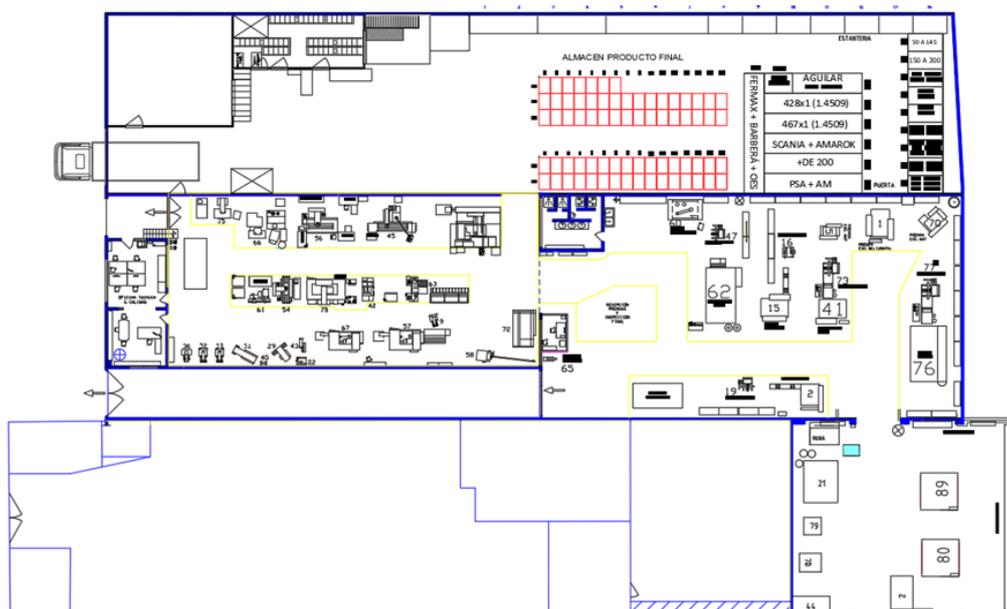


Tabla 10. Incidencia 10: Uso de transportes especiales (Fuente: Elaboración propia)

En muchas ocasiones, el encargado de mantenimiento tiene que realizar tareas que no corresponden con su departamento, lo que se traduce en el tiempo que debería utilizar en gestionar su departamento, no lo utiliza donde debiera.

**11. El encargado de mantenimiento realiza trabajos que no le corresponden**

**Observación:**

Regularmente, cuando se necesita realizar algún trabajo fuera del habitual, se recurre al encargado de mantenimiento, lo que conlleva a que dicho departamento se quede con sólo un operario reparando matrices, lo cual afecta a la producción ya que la disponibilidad de la matriz es un input directo del proceso.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

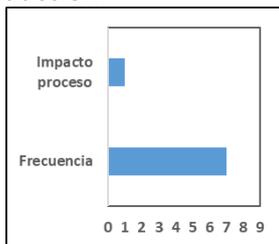
**Departamento:**

- Mantenimiento

**Lugar donde se observó:**

- Planta de Matrices Alcántara

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 Falta de personal en el departamento de mantenimiento
- 2 Posible indisponibilidad de matrices para llevar a cabo la producción

**Área de conocimiento:**

- Gestión de personal
- Planificación de la producción

**Posibles acciones de mejora:**

- Definir las funciones de cada puesto de trabajo clara y concretamente

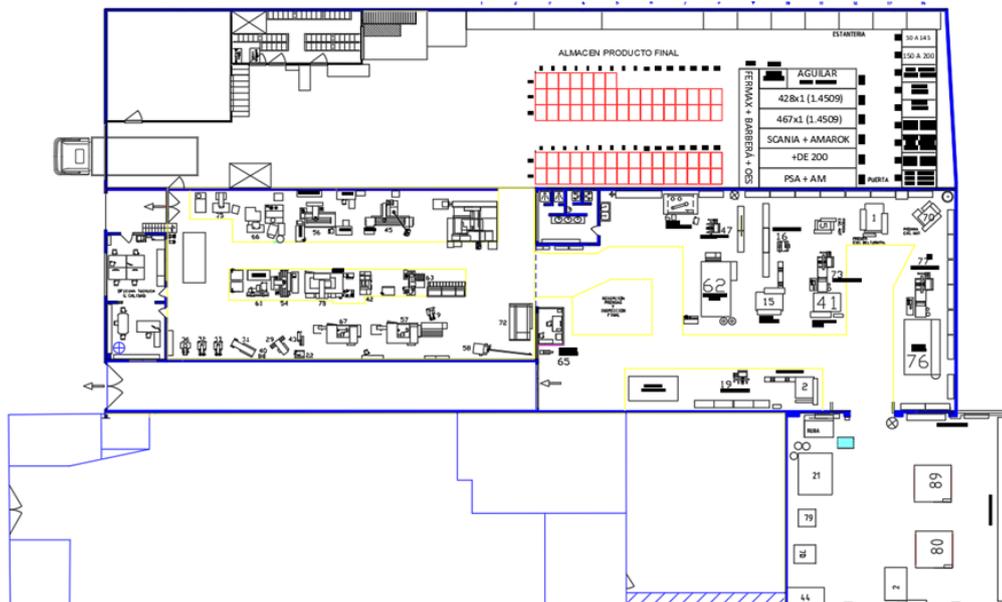


Tabla 11. Incidencia 11: El encargado de mantenimiento realiza trabajos que no le corresponden (Fuente: Elaboración propia)

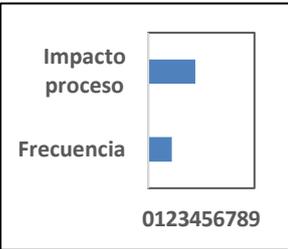


En determinada ocasión, la empresa envió piezas que no estaban bien procesadas. En concreto, una de las operaciones consistía en un proceso de soldadura que no se realizó correctamente.

### 13. Reclamación por piezas de mala calidad

**Observación:**

Recientemente, a la empresa se le impuso una reclamación achacando falta de calidad en las piezas entregadas.

<p><b>Fuente de información:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Técnico de calidad</li> </ul>	<p><b>Departamento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad</li> </ul>	<p><b>Lugar donde se observó:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Oficina de producción</li> </ul>
<p><b>Impacto en el proceso de producción:</b></p> 	<p><b>Impacto preliminar:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Fallo de calidad en la entrega con la correspondiente reclamación. Esto es importante ya que, si se llega a determinados fallos de calidad, a la empresa se le congelan nuevos proyectos con el cliente.</li> <li>Mala planificación de la producción ya que el planificador no debía estar realizando un proceso para el cual no había recibido formación.</li> </ol>	<p><b>Área de conocimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad del producto</li> <li>Planificación de la producción</li> <li>Gestión de personal</li> </ul>

**Posibles acciones de mejora:**

- Revisar el fallo en el proceso y averiguar las causas que han dado lugar al fallo

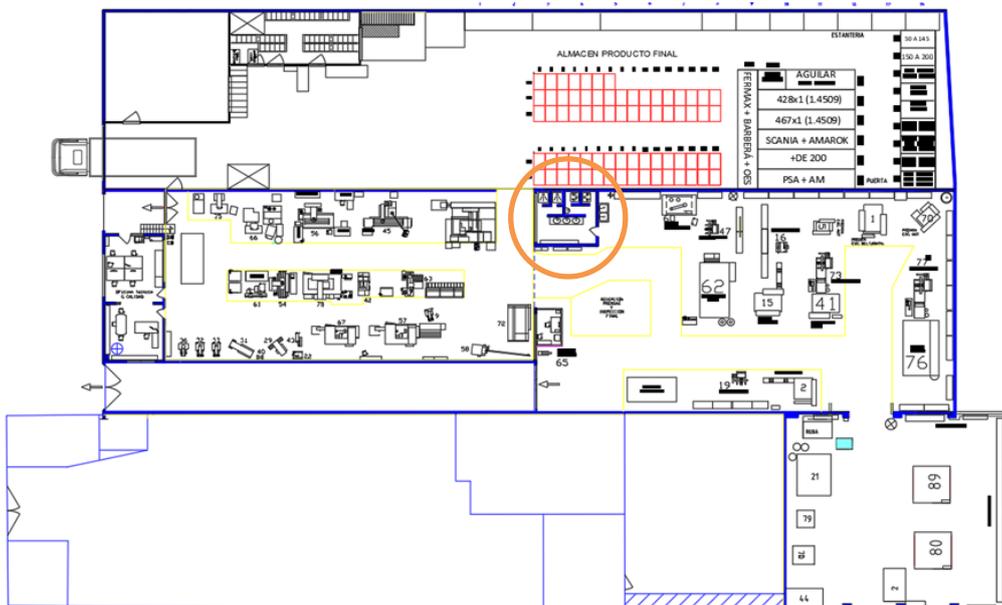


Tabla 13. Incidencia 13: Reclamación por piezas de mala calidad (Fuente: Elaboración propia)

Normalmente, las dos prensas hidráulicas en la empresa (máquinas 80 y 89), tienen averías en varios de sus componentes. Sería conveniente averiguar las causas y realizar una gama de TPM para no perder rendimiento debido a este tipo de fallos.

### 14. Pérdida de rendimiento en varias máquinas de la empresa

**Observación:**

Usualmente hay averías en las prensas hidráulicas, lo cual afecta directamente a los procesos de fabricación ya que estos se ven ralentizados y ponen en compromiso el servir la demanda.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

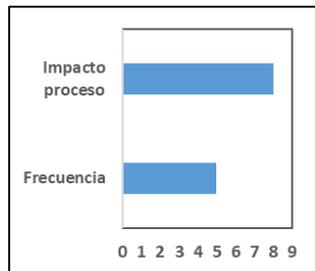
**Departamento:**

- Producción
- Mantenimiento

**Lugar donde se observó:**

- Planta de Matrices Alcántara

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 Posible ruptura de stock

**Área de conocimiento:**

- TPM

**Posibles acciones de mejora:**

- Realizar un programa de mantenimiento en las prensas que logre minimizar el riesgo de avería y garantice el máximo rendimiento.

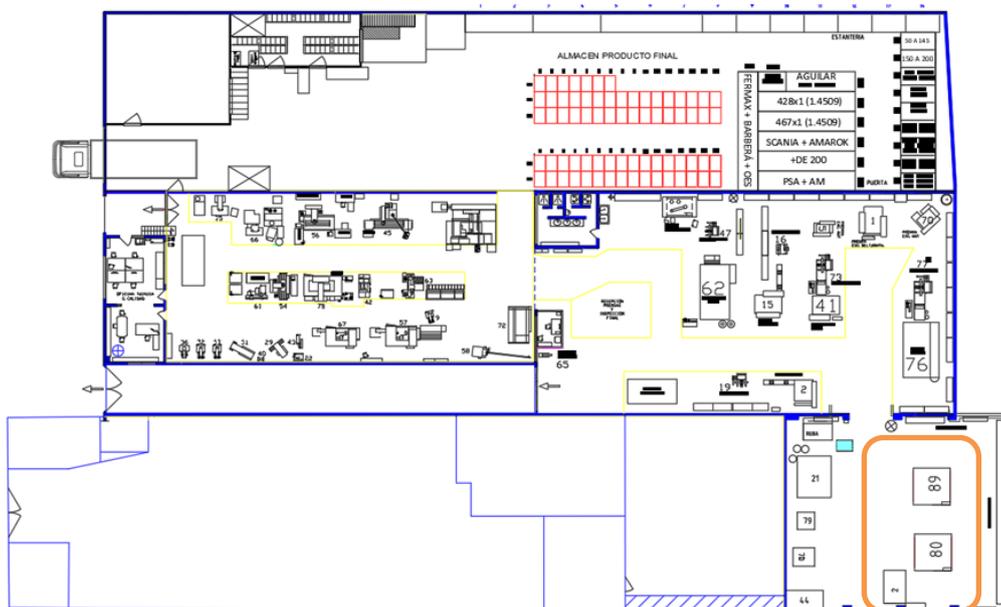


Tabla 14. Incidencia 14: Pérdida de rendimiento en varias máquinas (Fuente: Elaboración propia)

La zona donde se alojan las bobinas actualmente, al lado del almacén de producto terminado, no tiene una gran extensión. Además, debido a la gran diversidad de materia prima que es necesaria en la planta, dicho hueco se encuentra muy saturado, apilando bobinas hasta una altura que puede afectar a la seguridad de los trabajadores, además de, no tener un orden riguroso que facilite la labor de los logísticos.

### 15. Falta de espacio en el almacén de materia prima

**Observación:**

La zona habilitada para colocar la materia prima en ocasiones se encuentra saturada, situándose bobinas que no corresponden en mitad de los pasillos dificultando el paso de carretilleros. Es un problema bastante grave ya que se generan problemas severos de seguridad.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

**Departamento:**

- Producción

**Lugar donde se observó:**

- Planta de Matrices Alcántara

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 Falta de seguridad
- 2 Espacio insuficiente

**Área de conocimiento:**

- Gestión de almacenes
- Diseño de layouts

**Posibles acciones de mejora:**

- Rediseñar el proceso de pedida de material para ver si se puede disminuir el nivel de bobinas
- Rediseñar el layout de materia prima, existiendo la posibilidad de dotarlo de más espacio

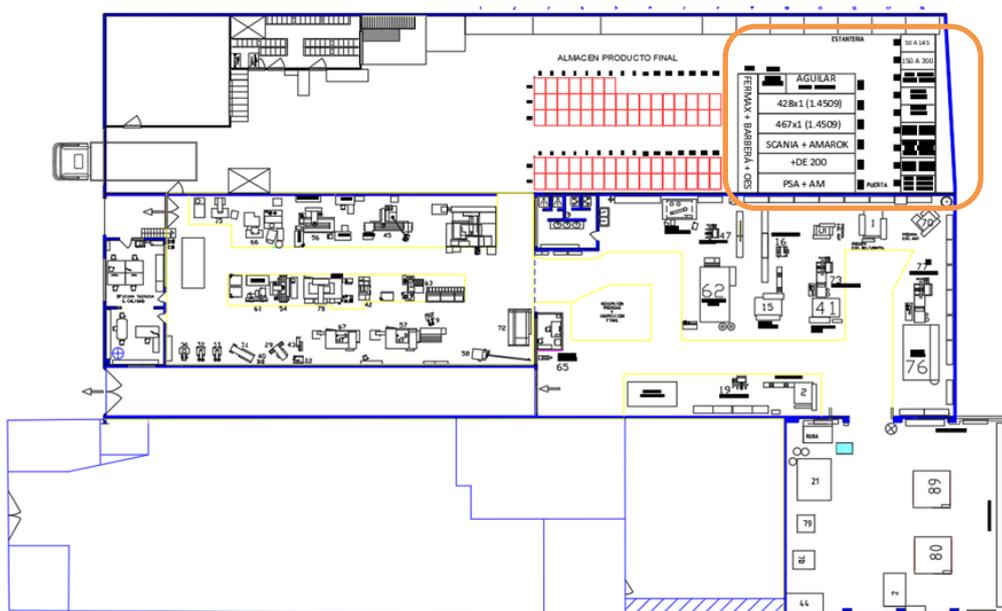


Tabla 15. Incidencia 15: Falta de espacio en el almacén de materia prima (Fuente: Elaboración propia)

En la siguiente incidencia se describe una situación que se ha sufrido con bastante frecuencia en la empresa. El ERP confirma que hay en la planta un determinado material o una determinada referencia y en su ubicación correspondiente no se encuentra, con lo cual, o no se respetan los layouts de la empresa o los datos aportados por el ERP no son correctos con lo que se deberían averiguar las causas de este problema.

### 16. Problemas para encontrar determinadas piezas demandadas y materiales

**Observación:**

En varias ocasiones, se han perdido horas en buscar referencias y materiales que, según el ERP de la empresa, se encontraban disponibles en stock. Sin embargo, o bien esa disponibilidad era inexistente o exactamente no se sabía en qué lugar se encontraban.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

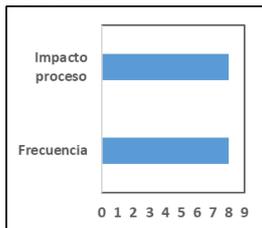
**Departamento:**

- Producción

**Lugar donde se observó:**

- Almacenes de Matrices Alcántara

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 Pérdida de tiempo de mano de obra debido a falta de organización en los almacenes
- 2 Posible ruptura de stock debido a que los datos del ERP es posible que no se correspondan con la realidad

**Área de conocimiento:**

- Gestión de almacenes
- Gestión de los sistemas de información
- Gestión de recursos humanos

**Posibles acciones de mejora:**

- Realizar un inventario de piezas en stock y de materia prima con el objetivo de actualizar los datos del ERP y así no caer en posibles no entregas de producto
- Redistribuir tanto el layout de producto terminado como el de materia prima de manera que no se tengan que emplear horas de operarios con el fin de encontrar piezas y materiales.

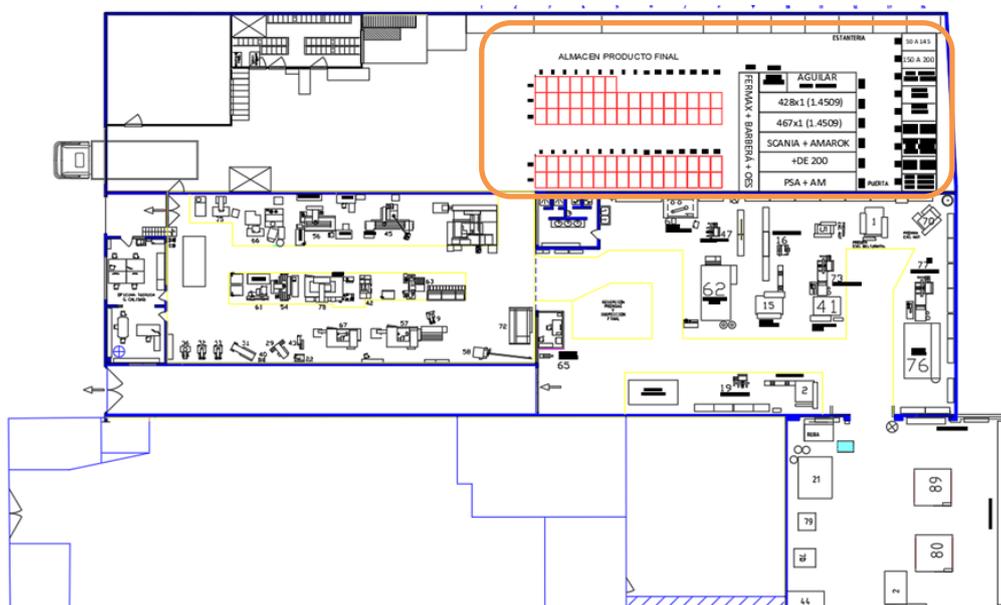


Tabla 16. Incidencia 16: Problemas para encontrar piezas demandadas y materiales (Fuente: Elaboración propia)

Normalmente, cuando se planifica la producción, no se sabe cuánto producir ni cuándo hacerlo. En la empresa está instaurada la cultura de que, cuanto más se fabrique, menor tiempo de cambio de lote se perderá y más tiempo estará la prensa en funcionamiento, lo que genera grandes almacenes y mucho inmovilizado.

### 17. Inexistencia de un procedimiento a la hora de planificar la producción

**Observación:**

En el departamento de producción, cuando se realiza la planificación, no se sigue un método regular a la hora de cuantificar la cantidad de piezas a producir de una determinada referencia ni sobre qué nivel de stock lanzar dichas órdenes de fabricación. Esta falta de criterio puede desencadenar tanto en sobreproducciones como en posibles rupturas de stock.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

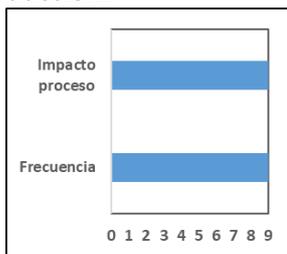
**Departamento:**

- Producción

**Lugar donde se observó:**

- Oficina de producción

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 Falta de criterio a la hora de planificar la producción
- 2 Sobreproducción
- 3 Posible falta de espacio en almacén
- 4 Posible ruptura de stock al no estar definido el punto de lanzamiento de las órdenes de fabricación

**Área de conocimiento:**

- Planificación de producción
- Gestión de almacenes
- Kanban

**Posibles acciones de mejora:**

- Implantación de Kanban en el proceso productivo de manera que estén definidos tanto los puntos de lanzamiento de orden (stock mínimo) y el stock máximo a alcanzar con dicha orden de fabricación.

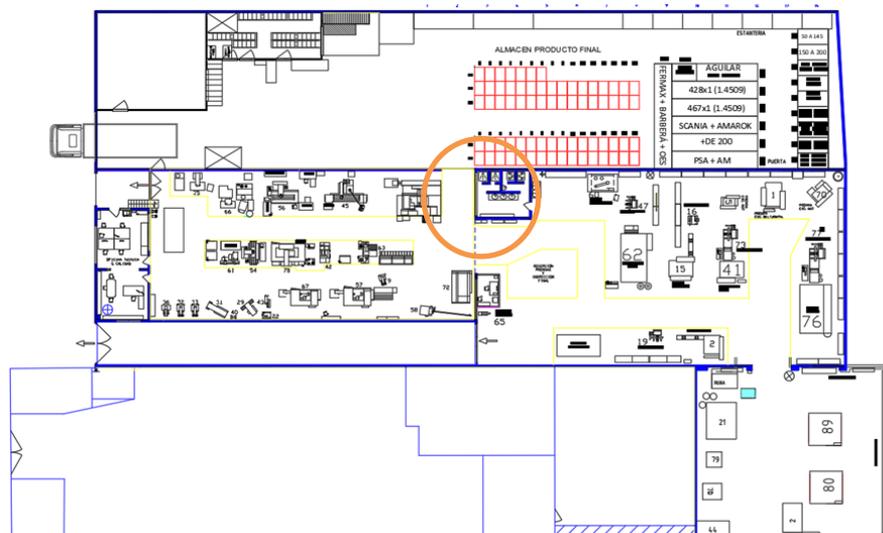


Tabla 17. Incidencia 17: Inexistencia de un procedimiento a la hora de planificar la producción (Fuente: Elaboración propia)

En muchas ocasiones, diversas matrices no se encuentran en buenas condiciones para acometer producciones largas, no siendo el departamento de producción consciente de esto y teniendo que cambiar la planificación en el momento en que toca montar la matriz en la prensa.

### 18. Matrices no aptas para producir

**Observación:**

Con frecuencia, no se encuentran disponibles matrices muy utilizadas para ser capaces de servir la demanda al cliente. No existe un canal de información que aporte el estado que tienen las diferentes matrices en cada momento.

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

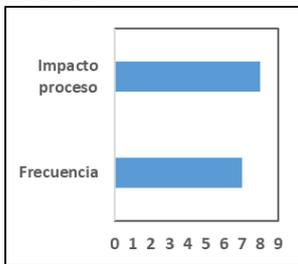
**Departamento:**

- Mantenimiento

**Lugar donde se observó:**

- Planta de Matrices Alcántara

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 No servir demanda al cliente
- 2 Tener que preparar diferentes bobinas a las ya listas debido a que el departamento de producción no dispone de dicha información.

**Área de conocimiento:**

- Planificación de producción
- Matricería

**Posibles acciones de mejora:**

- Modificar el ERP de manera que quede constancia de cuál es el estado de las matrices
- Realizar un mantenimiento periódico de matrices de manera que no tengan que estar en reparación con tanta frecuencia

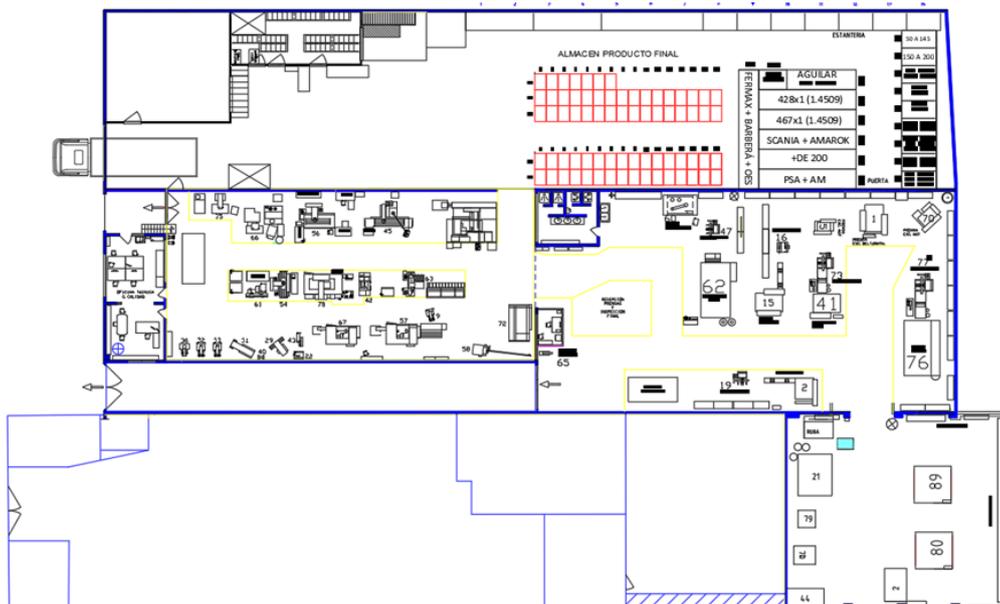


Tabla 18. Incidencia 18: Matrices no aptas para producir (Fuente: Elaboración propia)

Debido a que es una de las prensas que acomete un mayor volumen de piezas, la máquina 41 se encuentra saturada. Una de las posibles soluciones, aunque ya se aplica en determinadas ocasiones, es aumentar sus horas de producción, sin embargo, antes de tomar esa medida sería conveniente analizar los tiempos en los que no aporta valor añadido para intentar minimizarlos.

### 19. Máquina 41 saturada

**Observación:**

La máquina 41 de la organización se encuentra saturada. El problema es que es la única que puede fabricar ciertas referencias por lo que para poder servir al cliente es necesario realizar lotes muy largos para perder el mínimo tiempo posible en los cambios de lote

**Fuente de información:**

- José Carlos de las Heras

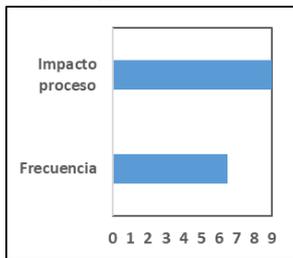
**Departamento:**

- Producción

**Lugar donde se observó:**

- Planta de Matrices Alcántara

**Impacto en el proceso de producción:**



**Impacto preliminar:**

- 1 Lotes de fabricación muy largos, obligando a comprar material con mucha antelación
- 2 Es un punto crítico ya que, si sufre cualquier tipo de avería, es probable que no se pueda servir la demanda

**Área de conocimiento:**

- Producción
- Capacidad de máquina
- SMED

**Posibles acciones de mejora:**

- Realizar SMEDs en la máquina para disminuir el tiempo de cambio de lote y ganar tiempo de producción
- Realizar un TPM para poder controlar cuándo parar la máquina, minimizando el riesgo de avería

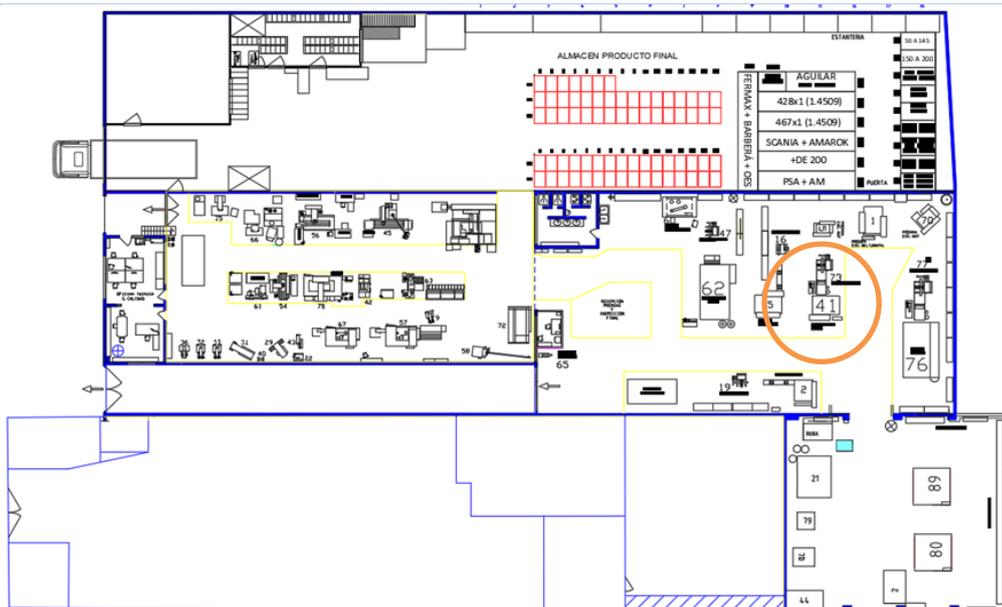


Tabla 19. Incidencia 19: Máquina 41 saturada (Fuente: Elaboración propia)

Como ya se comentó anteriormente, muchas piezas y materiales no se encuentran en sus correspondientes ubicaciones, lo que hace que integrantes de la empresa deban perder tiempo en encontrarlos. Se hace patente averiguar la causa por la que no se colocan los productos en su ubicación definida ya que es un problema importante y repetido con mucha frecuencia.

## 20. No se respetan los layouts

### Observación:

En repetidas ocasiones, los logísticos internos, al colocar las piezas salidas de las máquinas, no disponen de espacio suficiente en la nave principal de la organización. Lo que hacen cuando ocurre esto es, colocar las piezas en medio del pasillo o, llevarlas a la nave contigua.

### Fuente de información:

- José Carlos de las Heras

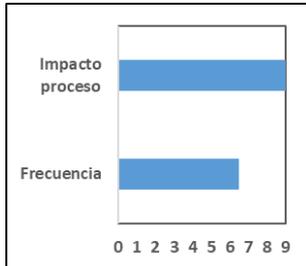
### Departamento:

- Producción

### Lugar donde se observó:

- Planta de Matrices Alcántara

### Impacto en el proceso de producción:



### Impacto preliminar:

- 1 Falta de organización
- 2 Falta de espacio en el almacén

### Área de conocimiento:

- Layout
- Producción

### Posibles acciones de mejora:

- Rediseñar el layout de producto terminado de manera que cada referencia tenga cabida en el almacén
- Replantear el método de producción, ya que es posible que se esté incurriendo en sobreproducciones innecesarias

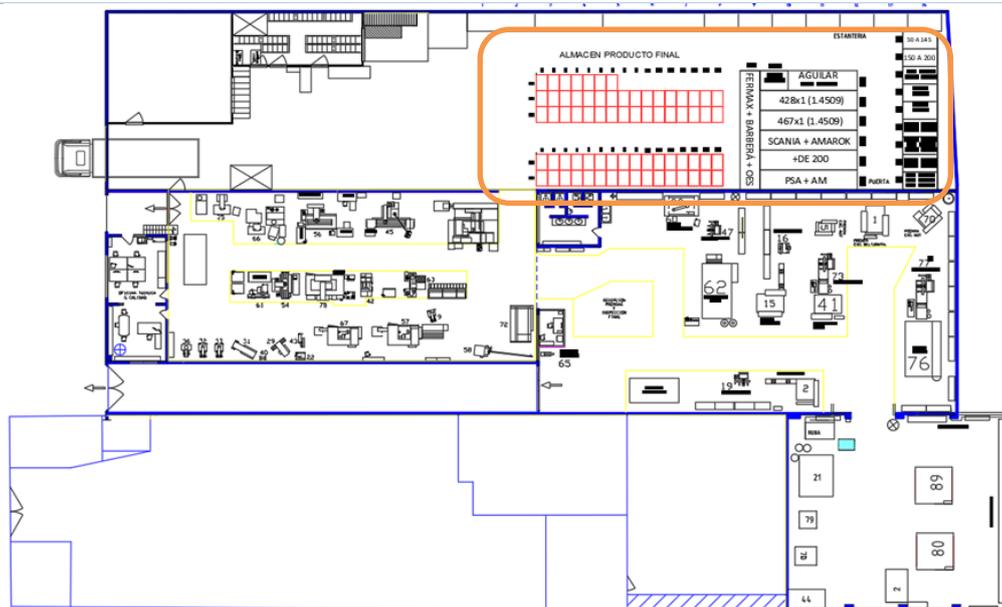


Tabla 20. Incidencia 20: No se respetan los layouts (Fuente: Elaboración propia)

### 3.2.2 Valoración de incidencias según importancia

En el apartado anterior se han listado diferentes incidencias acontecidas en la empresa que afectan a distintos departamentos de la misma. Ahora se pretende ponderar dichas incidencias para priorizarlas y posteriormente analizar la causa raíz de las que se consideran más importantes.

Los criterios escogidos a la hora de la ponderación son la frecuencia con la que acontecen los sucesos y el impacto que provocan en el proceso de producción. En la siguiente tabla se pueden observar las ponderaciones realizadas.

Nº	Incidencia	Frecuencia	Impacto en el proceso productivo
1	Falta de material de producción	7,5	9
2	Secuencia de cambio de lote	3	6
3	Reunión top 30	3	3
4	Falta de unidades de embalaje	6,5	9
5	Reunión 8D	1	3
6	Regulación de la producción mediante unidades de embalaje para un determinado cliente	6	9
7	Nave contigua infrutilizada	8	7
8	Problemas con la validación de matrices	3	4
9	Horas extra cumplir demanda	6	8
10	Uso de transportes especiales	3	8
11	Encargado de mantenimiento realiza trabajos que no le corresponden	7	1
12	Hojas de verificación antes de lanzar una matriz	8	3
13	Reclamación por piezas de mala calidad	2	4
14	Averías de varias prensas en la empresa	5	8
15	Falta de espacio en el almacén de materia prima	7	9
16	Problemas para encontrar piezas demandadas y materiales	8	8
17	Inexistencia de método a la hora de planificar la producción	9	9
18	Matrices no aptas para producir	7	8
19	Máquina 41 saturada	6,5	9
20	No se respetan los layouts	7	9

Tabla 21. Valoración de incidencias (Fuente: Elaboración propia)

Después de valorar las incidencias, se presenta el siguiente gráfico, que indica la prioridad de resolución en cuanto a frecuencia e impacto en el proceso productivo.

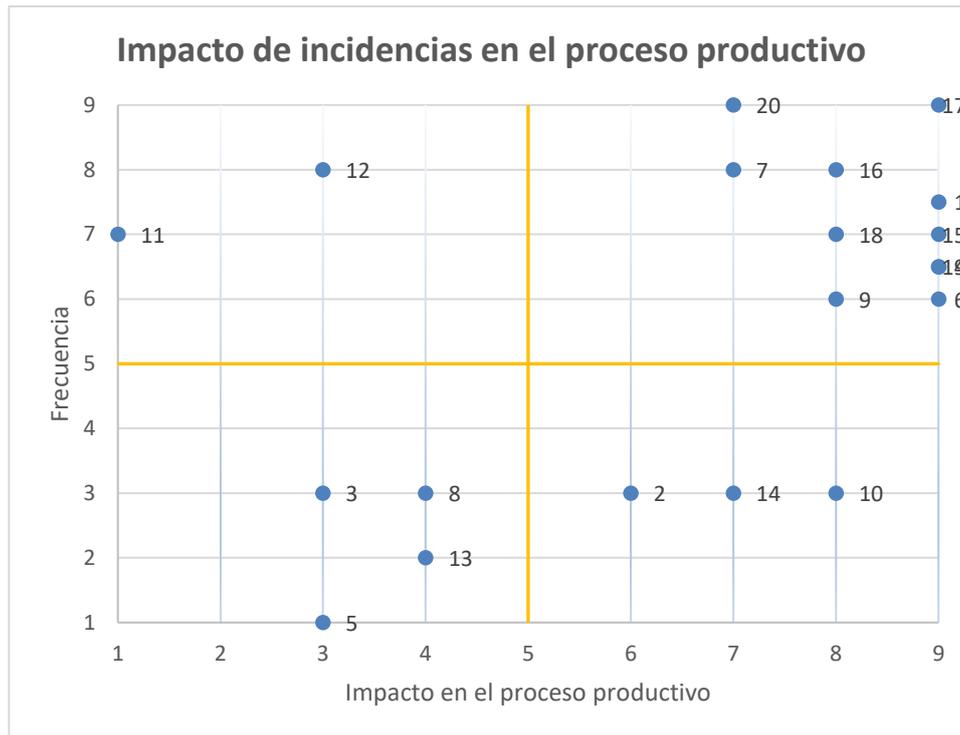


Gráfico 3. Impacto de incidencias en el proceso productivo (Fuente: Elaboración propia)

El gráfico mostrado anteriormente está dividido en cuatro regiones. Las incidencias que están situadas en la parte superior derecha engloban una frecuencia alta y un gran impacto en el proceso productivo. En una escala de 1-4, estas incidencias serán valoradas con un 4 en cuanto a prioridad de resolución. Después se encuentran las incidencias que tienen una frecuencia más baja, pero siguen teniendo un alto impacto en el proceso productivo por lo que su valoración en cuanto a importancia será de 3, pudiéndose observar estas en la parte inferior derecha del gráfico 3. En la parte superior izquierda se hallan los sucesos con una frecuencia alta pero que no afectan en exceso al proceso productivo, por lo que su ponderación será de 2. Para finalizar en la zona inferior izquierda están las incidencias que apenas tienen frecuencia y que no son relevantes para mejorar el proceso productivo, lo que se traduce en una ponderación de 1 sobre 4.

Con todo esto, la siguiente tabla muestra un resumen con la lista completa de incidencias ordenadas jerárquicamente por su correspondiente orden de importancia. Como ya se comentó anteriormente las incidencias con relevancia 4, serán analizadas en próximos apartados para crear planes de acción que minimicen el efecto que estas tienen sobre el proceso productivo.

Nº	Incidencia	Frecuencia	Impacto en el proceso productivo	Ponderación importancia
1	Falta de material de producción	7,5	9	4
4	Falta de unidades de embalaje	6,5	9	4
6	Regulación de la producción mediante unidades de embalaje para un determinado cliente	6	9	4

7	<b>Nave contigua infrautilizada</b>	8	7	4
9	<b>Horas extra cumplir demanda</b>	6	8	4
15	<b>Falta de espacio en el almacén de materia prima</b>	7	9	4
16	<b>Problemas para encontrar piezas demandadas y materiales</b>	8	8	4
17	<b>Inexistencia de método a la hora de planificar la producción</b>	9	9	4
18	<b>Matrices no aptas para producir</b>	7	8	4
19	<b>Máquina 41 saturada</b>	6,5	9	4
20	<b>No se respetan layouts</b>	9	7	4
14	<b>Avería de varias prensas en la empresa</b>	5	8	4
10	Uso de transportes especiales	3	8	3
2	Secuencia de cambio de lote	3	6	3
11	Encargado de mantenimiento realiza trabajos que no le corresponden	7	1	2
12	Hojas de verificación antes de lanzar una matriz	8	3	2
3	Reunión top 30	3	3	1
5	Reunión 8D	1	3	1
8	Problemas con la validación de matrices	3	4	1
13	Reclamación por piezas de mala calidad	2	4	1

Tabla 22. Ponderación de incidencias (Fuente: Elaboración propia)

### 3.3 Identificación causas Raíz

Una vez seleccionadas las incidencias más relevantes, se procederá a analizarlas con el objetivo de identificar sus causas raíz y, en capítulos posteriores, ser capaces de diseñar un plan que pueda erradicar el problema, o al menos, aminorarlo.

Para ello se empleará un diagrama Ishikawa por cada una de las incidencias relevantes que se mostraron en el apartado anterior, para, posteriormente, poder englobar las distintas causas raíz en acciones que puedan mejorar el funcionamiento de la compañía.

En la siguiente ilustración se plasma el Ishikawa correspondiente a la primera incidencia: falta material de producción. Como se puede ver, se ha relacionado con el método y con el material, donde en ambos casos, este problema se achaca a una mala planificación, y como consecuencia, se expone que no existe un procedimiento para pedir materia prima, lo cual explica la incidencia.

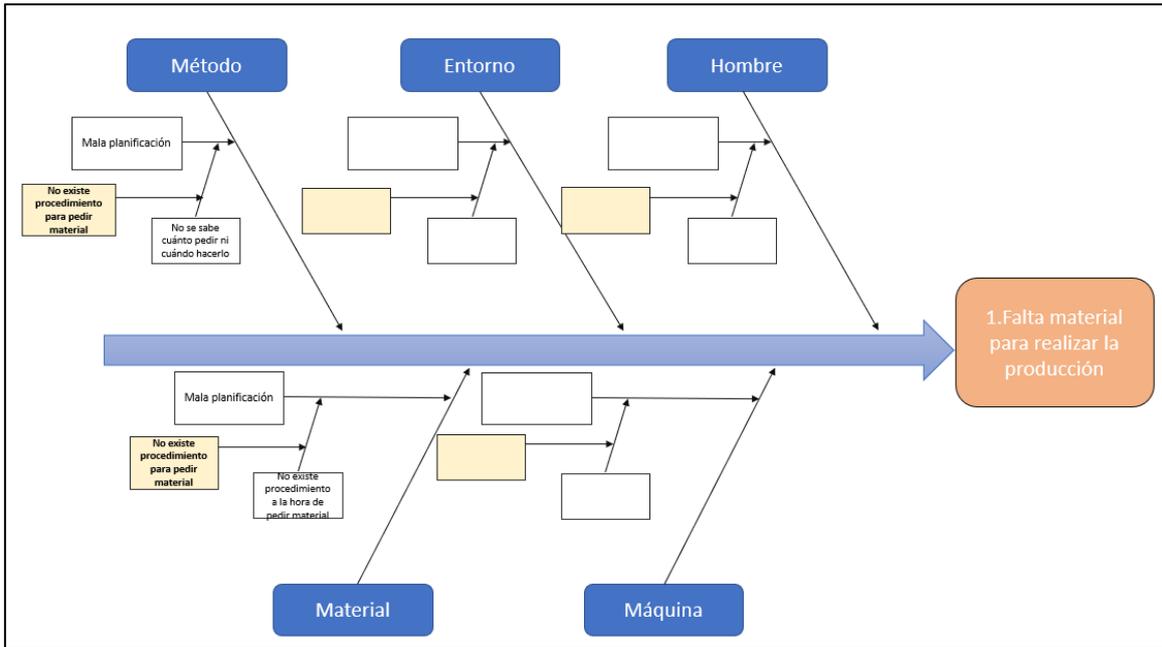


Ilustración 14. Diagrama Ishikawa de la incidencia 1 (Fuente: elaboración propia)

En la ilustración 15 se puede observar el Ishikawa correspondiente a la incidencia 4, que indica que faltan unidades de embalaje para acometer la producción, existiendo la posibilidad de no surtir la demanda al cliente debido a esta ineficiencia. Todo esto se achaca a dos temas: el método y el entorno. Los fallos en el método indican que no existen un control en el flujo de entradas y salidas de unidades de embalaje, ya que no llevan ningún tipo de etiquetado ni nada que se le asemeje, por lo que no se sabe lo que hay en planta para poder acometer producciones, lo cual genera una falta de solidez en el proceso de planificación de producción. En cuanto al entorno, se comenta que hay embalajes utilizados para otros fines en distintas partes de la nave y que, en general, falta disciplina y orden en la planta.

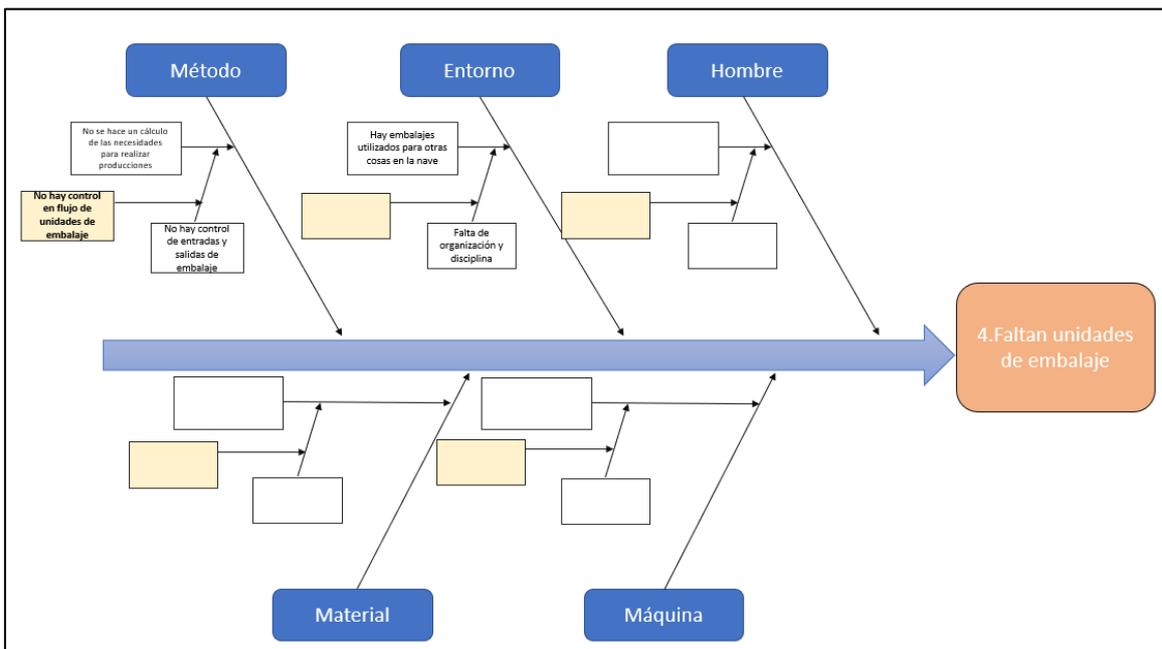


Ilustración 15. Diagrama Ishikawa de la incidencia 4 (Fuente: elaboración propia)

Se continúa mostrando el Ishikawa de la incidencia 6, regulación de la producción mediante unidades de embalaje. Su causa es similar a la incidencia anterior, y se concluye que el problema concurre en que existe una falta de control en las entradas y salidas de unidades de embalaje.

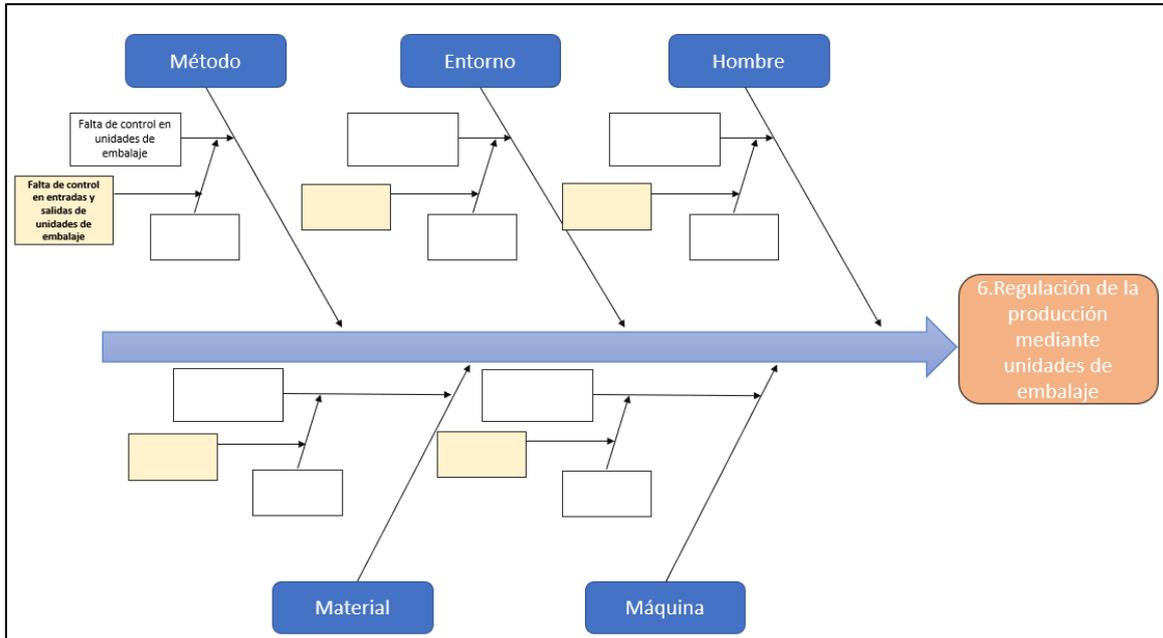


Ilustración 16. Diagrama de Ishikawa de la incidencia 6 (Fuente elaboración propia)

En la ilustración 17, se puede ver el Ishikawa correspondiente a la incidencia 7, donde se explica que la nave contigua a la principal está infrautilizada y desordenada. Esto es debido a que se utiliza para acumular objetos sin ubicación, contenedores en mal estado, maquinaria antigua, matrices antiguas... por lo que no tiene una función claramente definida y es un espacio desaprovechado por la empresa. La conclusión es que no existe una disposición establecida en esa área de la fábrica y que algunos problemas de espacio podrían aminorarse aprovechando este terreno.

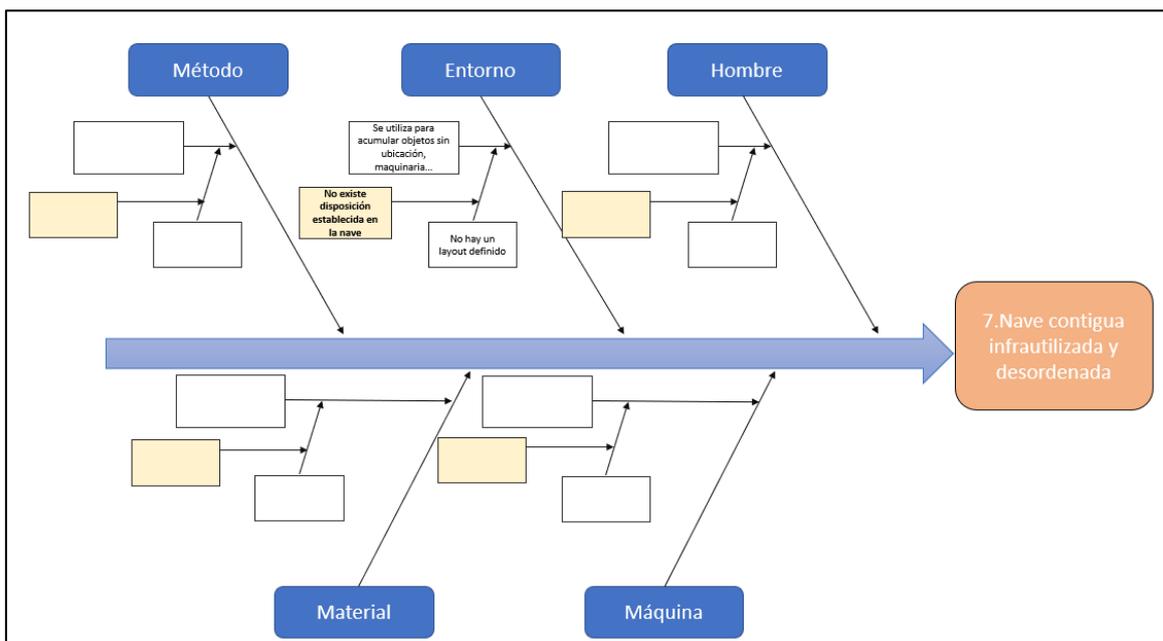


Ilustración 17. Diagrama Ishikawa de la incidencia 7 (Fuente: elaboración propia)

En el diagrama Ishikawa de la incidencia número 9 (necesidad de horas extra para cumplir con la demanda), se saca como conclusión que el principal problema es una mala gestión de recursos, tanto en la planificación de pedido de materia prima como en la planificación de la producción, lo que hace que se tenga que acudir a horas extras para poder cumplir con el suministro de demanda.

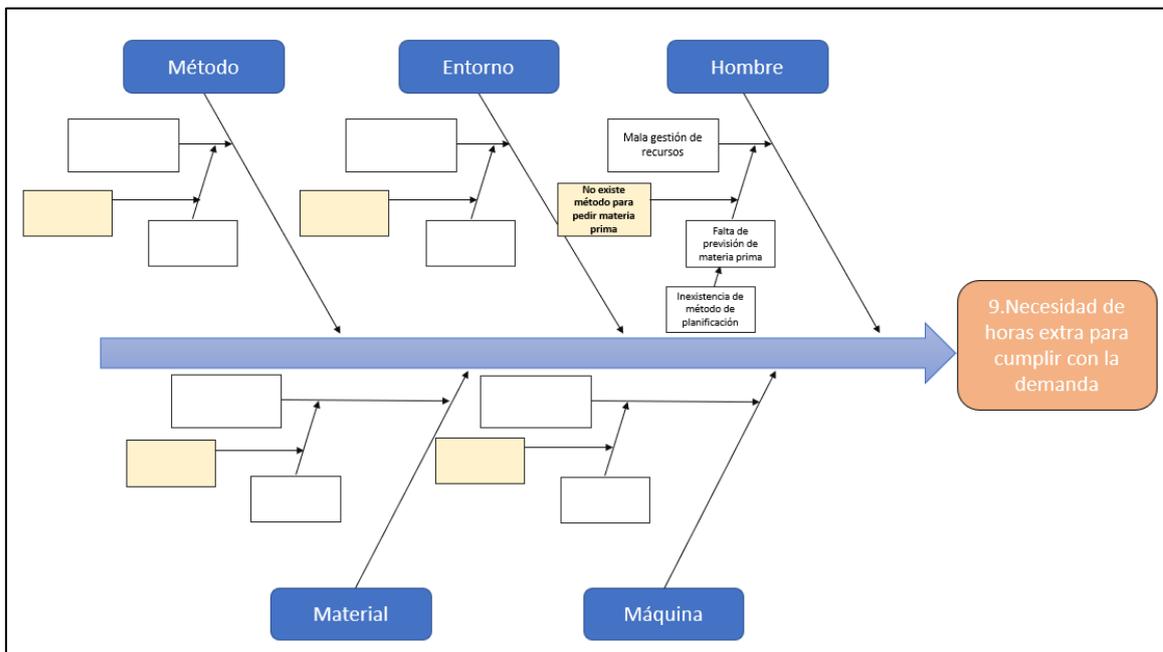


Ilustración 18. Diagrama Ishikawa de la incidencia 9 (Fuente: elaboración propia)

En la ilustración 19 se ve el Ishikawa correspondiente a averías en las prensas, incidencia 14. El principal problema es que algunas piezas de las máquinas no están en su rango de vida útil y esto es debido a que, no se lleva un control de los componentes clave de cada máquina, con lo que no se cambian cuando es debido provocando falta de control en el proceso debido a las averías y a la inexistencia de un mantenimiento preventivo.

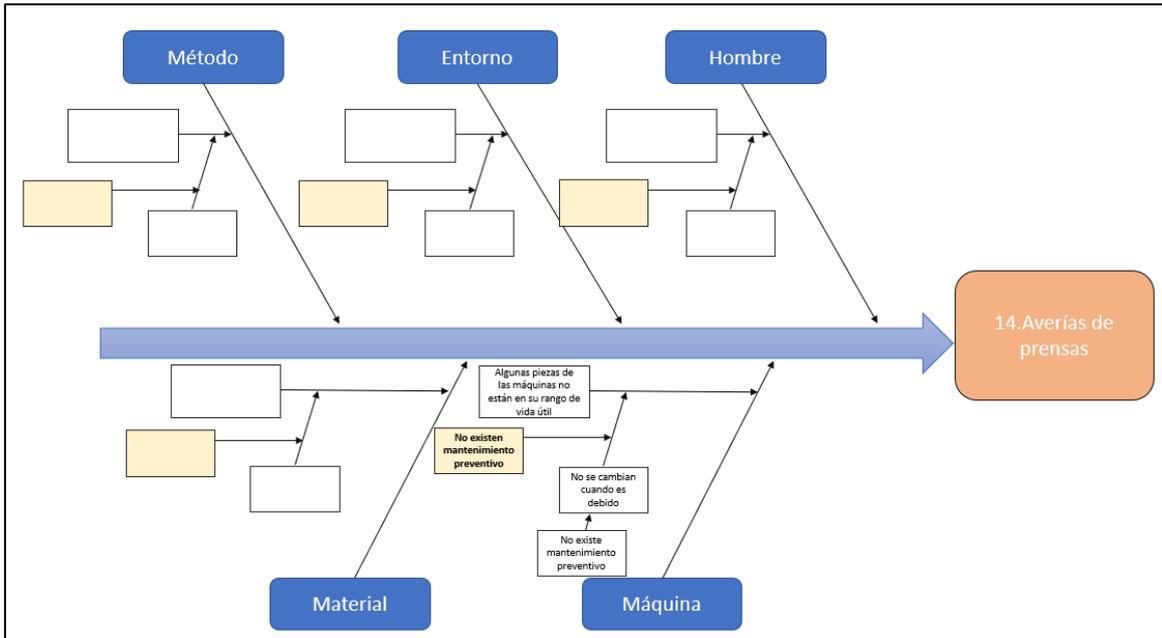


Ilustración 19. Diagrama Ishikawa de la incidencia 14 (Fuente: elaboración propia)

En la siguiente ilustración, se aprecia el diagrama Ishikawa de la incidencia 15, falta de espacio en el almacén de materia prima. Están involucrados en las causas tanto el método como el entorno. En el primer caso, se atañe a que al haber demasiadas bobinas sin uso ocupando espacio, existe una ausencia de procedimiento para pedir material. En caso del entorno, se achaca a que el layout está obsoleto y que no corresponde con la situación actual de demanda de la empresa ya que no existe un balanceo en el nivel de bobinas del almacén.

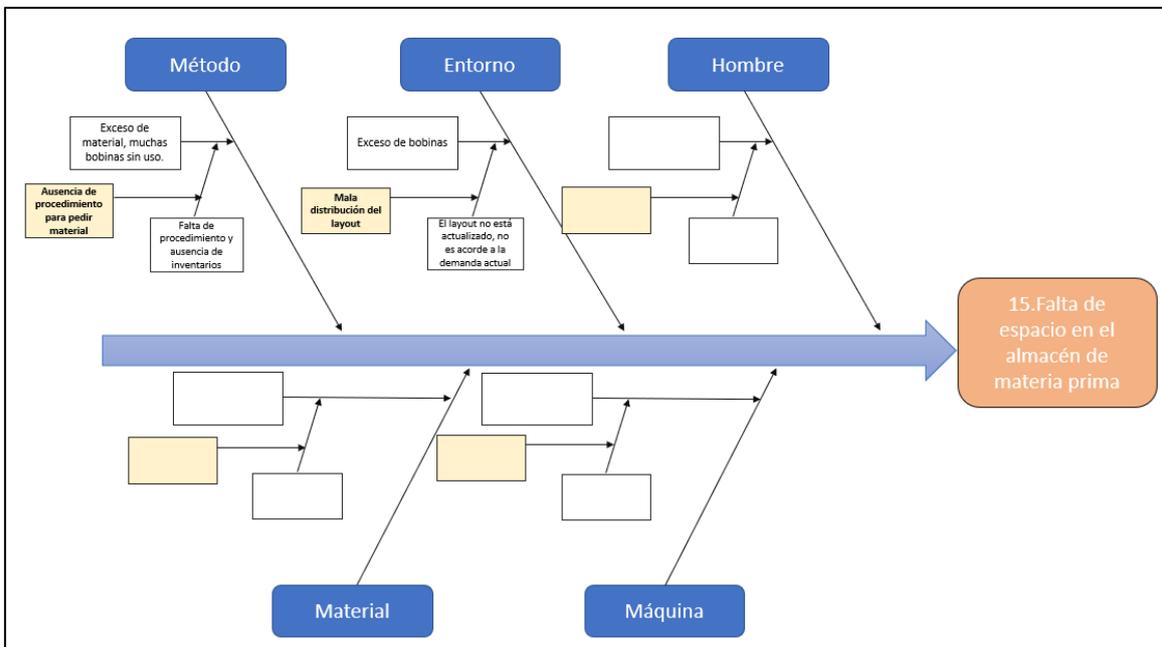


Ilustración 20. Diagrama Ishikawa de la incidencia 15 (Fuente: elaboración propia)

En la siguiente ilustración se presenta el diagrama Ishikawa de la incidencia número 16, donde se expresa que se tienen problemas para encontrar piezas demandadas y materias primas. Las causas se achacan al entorno, donde muchas referencias no se encuentran en el layout, estando

este no debidamente actualizado. Esto también genera que los logísticos coloquen tanto la materia prima como el producto terminado en ubicaciones sin definir, generando un caos tanto en el almacén de producto terminado como en el de materia prima.

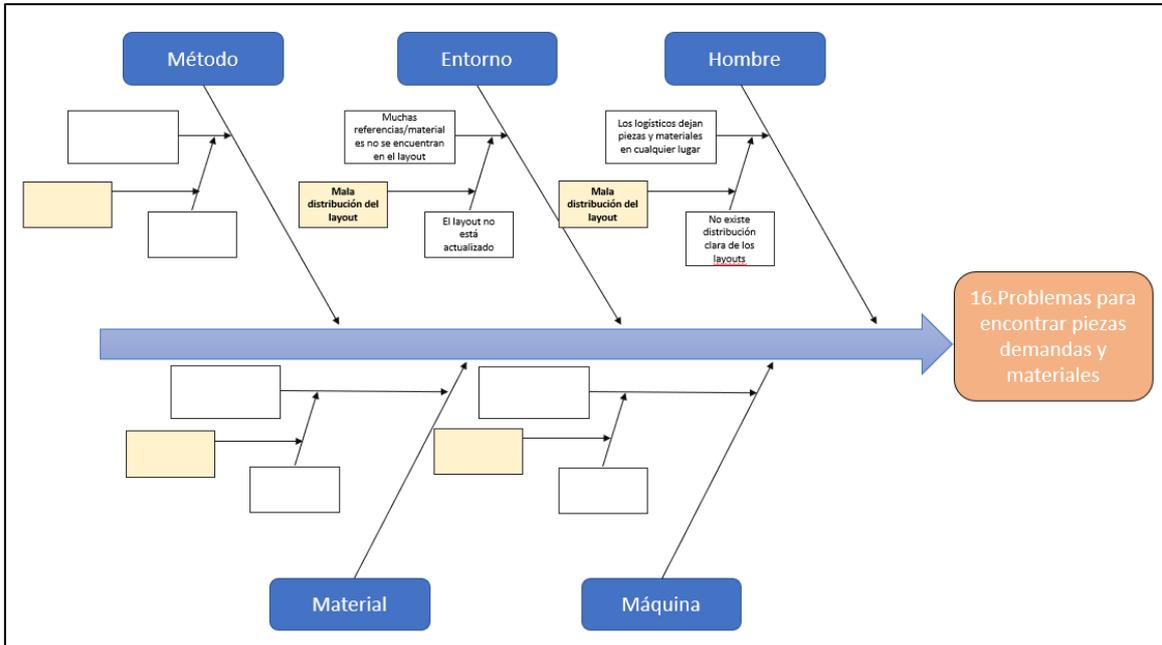


Ilustración 21. Diagrama Ishikawa de la incidencia 16 (Fuente: elaboración propia)

En la siguiente ilustración se puede ver el Ishikawa de la incidencia número 17, donde se indica que hay una inexistencia clara a la hora de planificar la producción. Esto se debe a que no se sabe cuánto producir ni cuándo hacerlo, lo que desemboca en una imprecisión clara en el método.

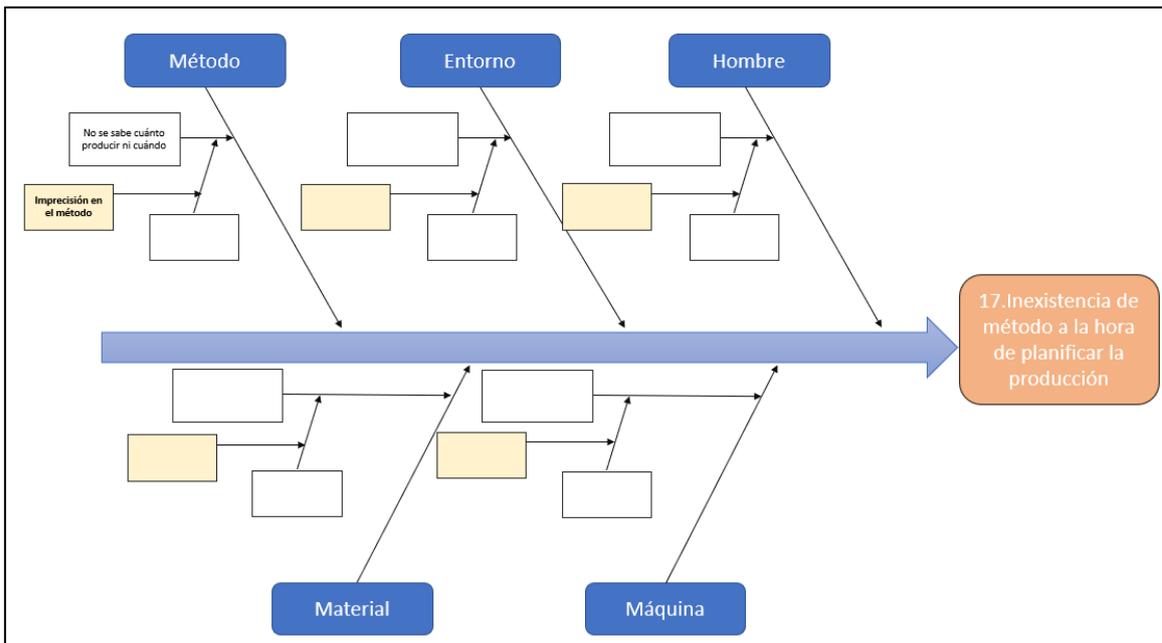


Ilustración 22. Diagrama Ishikawa de la incidencia 17 (Fuente: elaboración propia)

En la ilustración 23 se expone el diagrama correspondiente a la incidencia 18, matrices no preparadas para la producción. Esto se relaciona con que no existen recambios de piezas disponibles debido a que no hay un control de recambios necesarios para las distintas matrices.

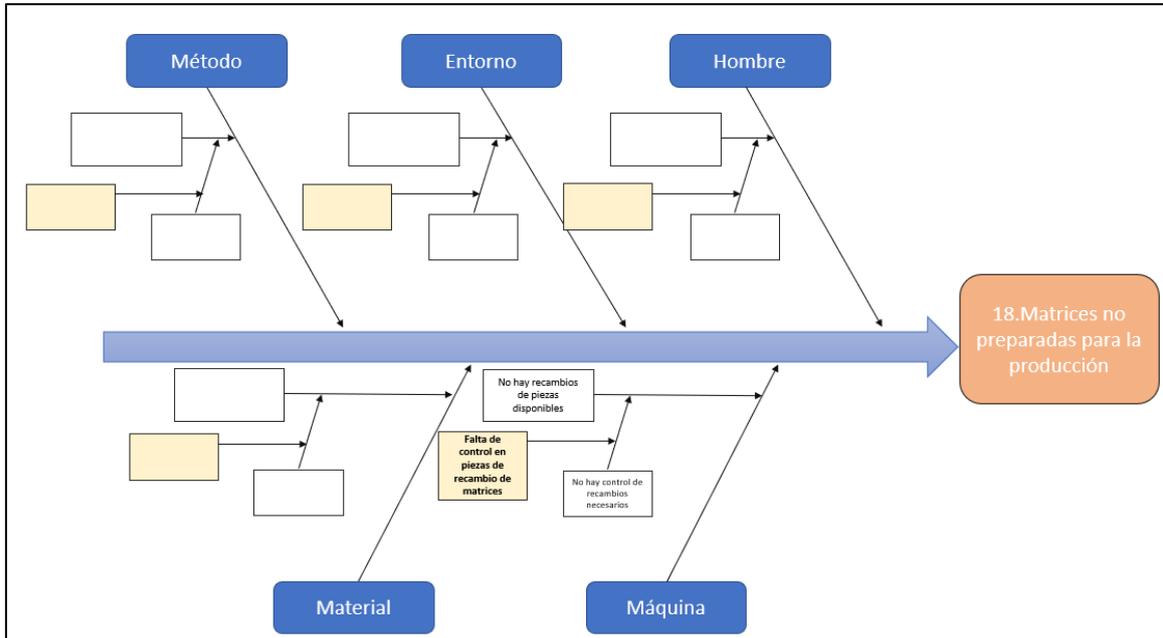


Ilustración 23. Diagrama Ishikawa de la incidencia 18 (Fuente: elaboración propia)

En la siguiente ilustración se encuentra el Ishikawa correspondiente a la incidencia 19, donde se indica que la máquina 41 está saturada. Esto se achaca a dos problemas, el primero de ellos al hecho de que dicha prensa es la única capaz de fabricar un gran número de productos. Además de esto, también se detecta que no siempre el material necesario se encuentra en planta para producir la referencia necesaria en tiempo necesario, lo que indica la existencia de una mala planificación en el pedido de materiales.

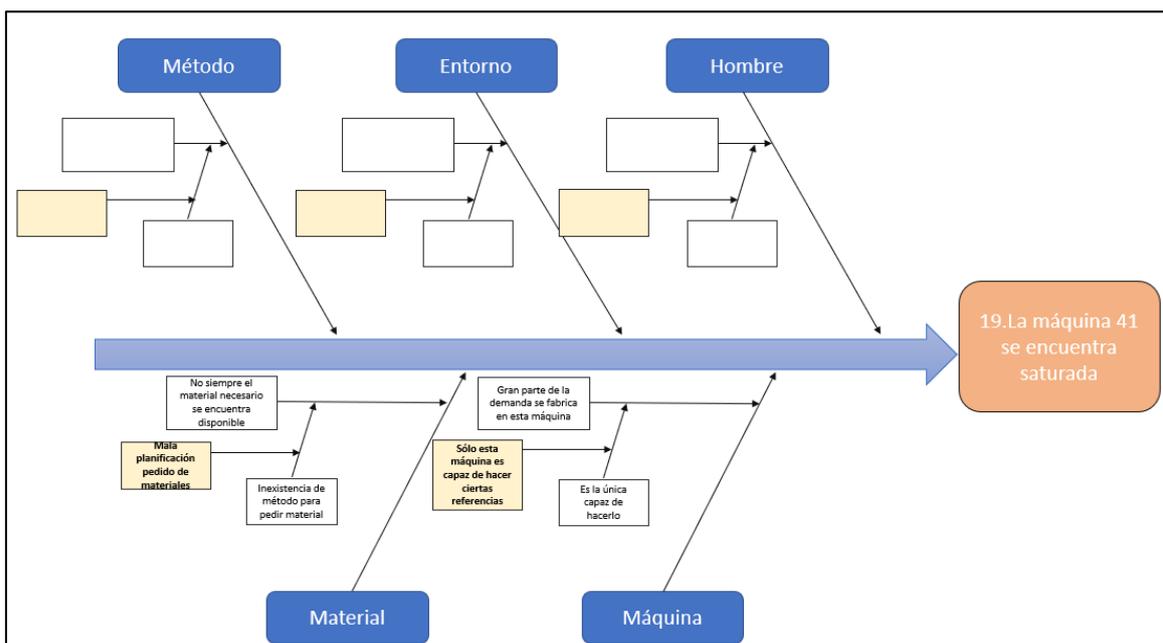


Ilustración 24. Diagrama Ishikawa de la incidencia 19 (Fuente: elaboración propia)

Por último, se presenta el diagrama Ishikawa correspondiente a la incidencia número 20, indicando que no se respetan los layouts. Observando el entorno, se ve que no existe espacio suficiente donde alojar el producto acabado, hecho que se achaca a la sobreproducción, realizada debido a que no existe un método de planificación de producción que indique la cantidad a fabricar y cuándo hacerlo. Si se plantea desde el punto de vista del método, se llega a la misma conclusión, inexistencia de un método claro de planificación de producción. Además de esto, como ya se ha visto en diagramas anteriores, los layouts tanto de materia prima como de producto terminado no están actualizados y convendría realizar un replanteo de los mismos para llevar a cabo una mejor gestión de la planta.

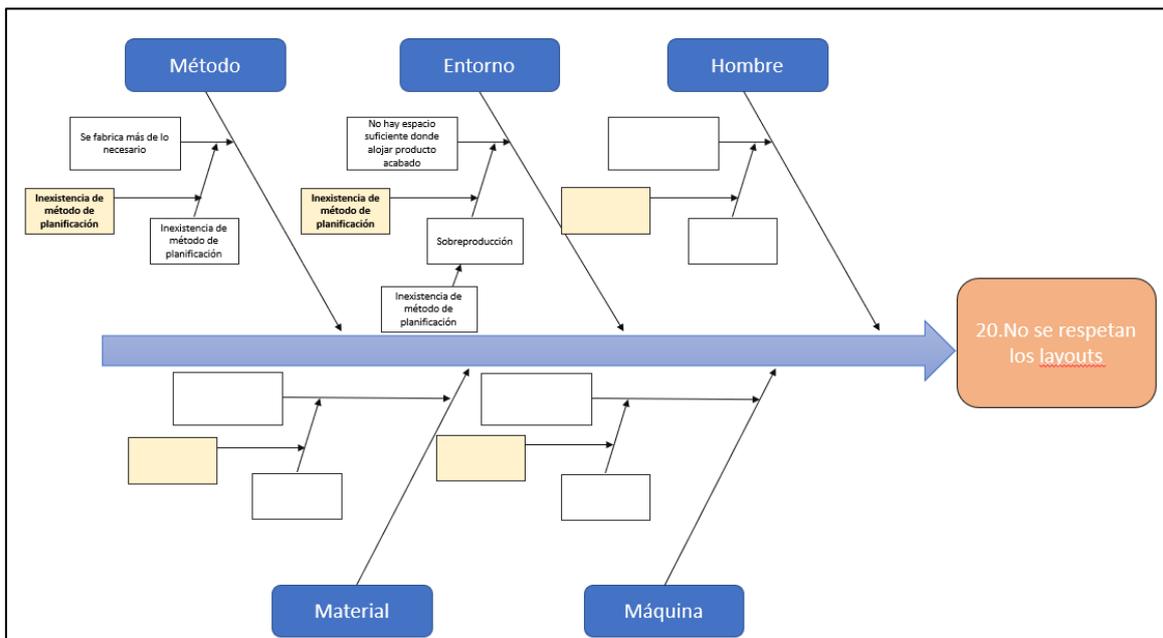


Ilustración 25. Diagrama Ishikawa de la incidencia 20 (Fuente: elaboración propia)

Después de haber obtenido una por una las causas raíz de todas las incidencias categorizadas como importantes, en las dos siguientes ilustraciones se presentan los cuadros sinópticos que muestran cada una de las incidencias e inmediatamente después sus causas.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS



Ilustración 26. Cuadro sinóptico 1 que relaciona la incidencia con las causas raíz destacadas (Fuente: Elaboración propia)



Ilustración 27. Cuadro sinóptico 2 que relaciona la incidencia con las causas raíz destacadas (Fuente: Elaboración propia)

Analizando los cuadros sinópticos anteriores que muestran las causas raíz se ve que, en lo referente a la materia prima, hay dos incidencias destacadas: falta material y falta de espacio en el almacén. La causa raíz de estos problemas es la misma, el procedimiento de pedida de material es defectuoso o existe un mal dimensionamiento del mismo ya que en determinados momentos, como muestran las incidencias, hay escasez o exceso de bobina, por lo que será necesario mejorarlo, por ejemplo, a través de una herramienta Excel que relacione la demanda de piezas, el material disponible y el material necesario para las próximas fechas.

Después existen dos incidencias relacionadas con las unidades de embalaje que afectan directamente al control de la producción: falta de unidades de embalaje y regulación de la

producción mediante unidades de embalaje. La causa del problema es que realmente, no se sabe lo que entra, lo que sale, ni lo que se tiene, por lo que es difícil planificar la producción si no se dispone de estos datos.

Por otra parte, están las incidencias “horas extra para cumplir con la demanda” e “inexistencia de método de planificación de producción”. La primera de ellas indica que el procedimiento de planificación no es correcto ya que para cumplir con los requerimientos del cliente hay que aportar recursos extra, y la segunda de ellas, muestra que cuando se lanza una orden a producir, no se sabe ni cuándo hacerlo ni cuál es el límite máximo de producción.

Luego, se tienen los acontecimientos relacionados con los layouts: no se respetan y problemas para encontrar referencias. Las causas de estas incidencias están en que, al no existir un método de planificación de producción y optarse por reducir las pérdidas en tiempos de cambio de lote, se opta por la sobreproducción, lo que influye directamente sobre el almacén de producto terminado ya que los carretilleros no encuentran huecos predefinidos donde dejar la materia saliente y lo colocan donde hay hueco libre. Todo esto genera una falta de espacio patente en el almacén y un desorden generalizado en la planta. Además de esto, muchas de las referencias no tienen una ubicación dentro de la distribución en planta, lo que produce un mayor desorden y una pérdida de tiempo cuando hay que destinar recursos para encontrar dichas piezas cuando las pide el cliente.

También se tiene la incidencia que indica que la nave contigua está infrautilizada. Habiendo falta de espacio en los almacenes tanto de materia prima como de producto terminado, parece evidente que habría que destinar recursos a ordenar ese espacio y realizar una distribución ordenada allí, ya sea de materia prima, de producto terminado o de otros activos de la empresa, pero que permitiera liberar superficie de la nave principal.

Por otra parte, se tiene el problema de servir piezas de la prensa 41 debido a que está muy saturada. La actual política del departamento de producción es realizar largos lotes para minimizar las pérdidas por cambio de lote. Cualquier avería o cualquier incidencia que pudiese acontecer en dicha máquina obligaría a no servir la demanda al cliente.

Por último, están las incidencias relacionadas con mantenimiento: avería de prensas y matrices no aptas para producción. En ambos casos, no se aplica ningún tipo de mantenimiento preventivo, se espera a que la máquina o la matriz den algún tipo de fallo y se corrige, por lo que elaborar una gama de TPMs para las prensas y cambiar ciertos componentes de las matrices en ciclos de tiempo regulados no sería una mala opción para empezar a mejorar en este aspecto.

En el apartado 5 del proyecto, se pretenderá utilizar toda la información obtenida con las causas raíz para proponer mejoras a los problemas que se han planteado anteriormente.

### 3.4 Conclusiones

En este capítulo se han dado a conocer las incidencias que acontecen en Matrices Alcántara con más asiduidad. Después de haberlas clasificado según su importancia y habiendo seleccionado las más representativas, en el apartado 3.3 se ha tratado de llegar a las causas raíz que provocaban las mismas.

Gracias al diagrama Ishikawa, clasificando las incidencias según al sector que afectan directamente, se ha llegado a las causas raíz de las mismas para luego, en el apartado 5, proponer mejoras ante los problemas descritos, valorarlas y aplicarlas con el fin de aminorar los hechos que acontecen en la empresa y no son favorables para la misma.

## 4 Antecedentes Teóricos

### 4.1 Introducción

Con el presente capítulo se pretende exponer de manera teórica los aspectos que se detallarán a lo largo del proyecto. En primera instancia, se explicarán los distintos tipos de sistemas de producción para luego introducir el concepto de kanban. El siguiente punto tratará sobre la teoría y desarrollo de un modelo matemático referido a un kanban de producción para la industria del automóvil, que como se verá, será una de las mejoras que se implantarán en la empresa. También, se hará una breve reseña al análisis AHP, ya que, se utilizará como método de decisión de distintas alternativas propuestas en mejoras del proyecto. Por último, se detalla la técnica SMED, aplicada a la disminución del tiempo de cambio de lote.

### 4.2 Sistemas de producción y kanban

#### 4.2.1 Introducción

En los métodos de producción tradicionales, se ensambla lo que se haya fabricado en procesos precedentes y se envía aguas abajo. El principio básico es producir lo máximo posible, tan rápido como se pueda.

En un sistema kanban, se fabrica lo que ha sido utilizado aguas abajo de los procesos al ritmo que solicita el cliente. Este ritmo se conoce como TAKT, y se basa en la siguiente fórmula:

$$TAKT = \frac{\text{Tiempo disponible neto}}{\text{Requerimiento semanal}}$$

#### 4.2.2 Sistemas de producción push

El sistema de producción push es un método para controlar el reabastecimiento de material impulsado por los programas de producción basados en el pronóstico. Se basan en las órdenes de fabricación generadas y planeadas para autorizar la producción o el movimiento de materiales. Características:

- Se produce todo lo que se puede
- Las órdenes de producción son cantidades aproximadas
- Se predice con demanda estimada
- Exige planificación centralizada

#### 4.2.3 Sistemas de producción pull

El sistema de producción pull es un método para controlar la producción y el reabastecimiento de material conducido por el consumo real. Características:

- Se produce exclusivamente lo que se solicita expresamente.
- Las órdenes de producción son cantidades concretas.
- Se trabaja con consumo real

#### 4.2.4 Kanban

Kanban es una palabra japonesa que significa tarjeta. En Toyota hace referencia específicamente a pequeñas tarjetas que llevan las instrucciones de producción y entrega desde los procesos aguas abajo hacia arriba en el flujo.

Existen principalmente dos tipos de kanban:

- Withdrawal kanbans: Da al portador de la tarjeta la autoridad para retirar partes desde el almacén y llevarlos a su punto de uso.
- Kanban de producción: Alertan al fabricante de que las piezas han sido cogidas el stock y hay que fabricar para reemplazarlas.

Los beneficios que reportan estos sistemas de fabricación son los siguientes:

- Provee a cualquier cliente, interno o externo, información precisa de lo que se necesita, en cantidad, momento y punto de uso correctos.
- Remarca las necesidades y oportunidades para la mejora.
- Reduce el espacio necesario para el inventario.
- Reduce el lead time entre el fabricante y el cliente.
- Reduce el inventario a través de un control mejorado.
- Permite controlar la fabricación del proceso de producción.

### 4.3 Modelo matemático del kanban

Para implantar el kanban de producción mencionado en el punto anterior, se va a exponer un modelo matemático en función de los costes de inventario mediante el cual, con una serie de inputs da como resultado el tamaño de lote para cada una de las referencias que se quieran fabricar en una determinada máquina. El conocimiento de este modelo se adquirió gracias al tutor del proyecto, José Pedro García Sabater y a sus colaboradores, que publicaron un paper en 2016 explicando este modelo matemático para la revista IJPR. (Vidal Carreras, Pilar I.; García-Sabater José P.; García-Sabater Julio J., 2016).

En el anexo i, se encuentra la justificación teórica de todo el modelo con cada una de las ecuaciones a aplicar, paso por paso. Ahí será donde se pueda realizar una amplia comprensión de este modelo, saber la justificación de sus ecuaciones y cómo se llega a construir el método. Lo que se hará a continuación será plasmar los puntos clave y definir los pasos a seguir que proporciona el cálculo de stocks mínimos y máximos objeto de estudio de este trabajo.

Cabe tener en cuenta que en este modelo existen dos parámetros de entrada clave, la capacidad de producción (C) y la cantidad de piezas a inventariar en unidades monetarias (B). Cuando por algún motivo, sea necesario volver atrás en alguno de los pasos del método, el usuario deberá modificar uno de estos dos parámetros para que el cálculo sea posible.

Para la aplicación:

1. Definir los datos de entrada
2. Evaluar la factibilidad de dichos datos de entrada con la constante (R0). Si no es posible resolver el problema, se deberá volver al paso 1 y cambiar los datos de entrada. Si se tiene este problema, una posible solución sería aumentar la capacidad de producción C o reducir la demanda total a servir.
3. Calcular  $\alpha_{min}$  de acuerdo a la ecuación 4 (anexo i).
4. Calcular  $\alpha_{max}$  de acuerdo a la ecuación 6 (anexo i).
5. Si  $\alpha_{max} < \alpha_{min}$ , volver al paso 1. Una solución ante esto sería aumentar el presupuesto destinado al inventario de acuerdo a la constante R4.b (anexo i).

6. Ubicar  $\alpha$  entre sus valores máximo y mínimo  $\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_{max}$ . Usar el valor más próximo a  $\alpha_{min}$  con el objetivo de utilizar al máximo la capacidad disponible
7. Calcular  $\gamma_{max}$
8. Ajustar el nivel mínimo de stock de acuerdo a la ecuación 10 (anexo i) modificando el parámetro  $n$  y definiendo  $\gamma$ , donde  $n \geq 0$ , y  $0 \leq \gamma \leq \gamma_{max}$ . (Consejo: utilizar  $n$  con valor muy cercano a 2 y  $\gamma = \gamma_{max}$  con el objetivo de maximizar el uso del presupuesto para el inventario). Sin son bajos en comparación con los valores esperados, incrementar el límite presupuestario (B) y volver al paso 7, o incrementar la capacidad (C) y volver al paso 1.
9. Calcular el tamaño del lote de acuerdo a la ecuación 2 (anexo i).
10. Ajustar manualmente los resultados obtenidos para que los datos sean utilizables (utilizando unidades de carga o simplemente redondeando)
11. Calcular la utilización de la capacidad productiva esperada de acuerdo a la ecuación 7 (anexo i) y la inversión media destinada al inventario con la ecuación 12 (anexo i) (Vidal Carreras, Pilar I.; García-Sabater José P.; García-Sabater Julio J., 2016)

Como aclaración al método, el valor de  $\alpha$  se aproximará al valor de  $\alpha_{min}$  que cumple la condición de realizar los tamaños de lote con la máxima capacidad de producción posible.

$$\alpha_{min} = \frac{\sum_i \sqrt{D_i t s_i c u_i \left(1 - \frac{D_i}{p_i}\right)}}{C - \sum_i \frac{D_i}{p_i}} \quad (1)$$

El parámetro de  $\alpha_{max}$ , que fija el límite superior del parámetro alfa, dependiendo de la cantidad de piezas en unidades monetarias a inventariar será el siguiente:

$$\alpha_{max} = \frac{2B}{\sum_i \sqrt{\frac{D_i t s_i c u_i}{\left(1 - \frac{D_i}{p_i}\right)}}} \quad (2)$$

Por tanto, el valor de alfa tiene que estar entre estos dos parámetros para, por un lado, tener la capacidad suficiente para poder fabricar lo que se desea ( $\alpha_{min}$ , dependiente de C) y no pasarse de la cantidad monetaria a inventariar ( $\alpha_{max}$ , dependiente de B).

Cumpléndose estas condiciones, el tamaño de lote podrá ser calculado a partir de la siguiente ecuación.

$$Q_i = \alpha \sqrt{\frac{D_i t s_i}{c u_i \left(1 - \frac{D_i}{p_i}\right)}} \quad (3)$$

Donde Q es el tamaño de lote y alfa el parámetro calculado anteriormente. Las otras variables que aparecen en la ecuación 2, son parámetros que son explicados en el desarrollo del modelo matemático en el anexo i. Además, hay otras comprobaciones necesarias para saber que el cálculo es realizable, habiéndose seleccionado para este apartado lo más fundamental, por lo que en el anexo i está toda la información referida al modelo.

#### 4.4 SMED

La reducción de tiempos de preparación es una de las piedras angulares en la implementación del lean manufacturing ya que, el tiempo de setup se considera como un valor no agregado y como desperdicio, por lo que debe reducirse y de manera ideal, eliminarlo.

En gestión de la producción, SMED es el acrónimo de Single-Minute Exchange of Die: cambio de herramienta/lote en un solo dígito de minutos. Este concepto introduce la idea de que en general en cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos (García-Sabater & Maheut, 2018).

Se entiende por cambio de herramienta/lote como el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente.

Los pasos a seguir con la metodología son los siguientes:

- Fase 0: Etapa preliminar, análisis de la situación actual
- Fase 1: Separación de la preparación interna y externa
- Fase 2: Conversión de la preparación interna en externa
- Fase 3: Perfeccionamiento de todos los aspectos de preparación
- Fase 4: Estandarizar

Esto sería una explicación básica de lo que es el SMED y cuál sería la metodología a aplicar, ya que, será utilizada en una de las mejoras del proyecto. Para tener más detalle en la aplicación de esta metodología, en el anexo ii del presente documento se describen cada una de las fases de aplicación del SMED y la finalidad y beneficios que produce esta técnica en los diferentes sistemas productivos.

#### 4.5 Técnica de decisión multicriterio AHP

Debido a que en capítulos posteriores será necesario escoger entre diferentes alternativas planteadas, es preciso incorporar en el apartado teórico una técnica de decisión que facilite la elección de opciones. Para ello, se ha escogido la técnica AHP, método basado en la evaluación de diferentes criterios que permiten jerarquizar un proceso y su objetivo final consiste en la optimización de la toma de decisiones gerenciales (Saaty, 1980).

En resumidas cuentas, AHP es un método que selecciona alternativas en función de una serie de criterios o variables, normalmente jerarquizados, los cuales suelen entrar en conflicto. En esta estructura jerárquica, el objetivo se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y subcriterios en niveles inferiores tal como se muestra en la ilustración 28 del presente documento. Para que el método sea eficaz, es fundamental elegir bien los criterios y subcriterios, los cuales deben estar muy bien definidos, ser relevantes y mutuamente excluyentes. Es importante que el número de criterios y subcriterios no sea superior a 7, para evitar excesivas comparaciones a pares.

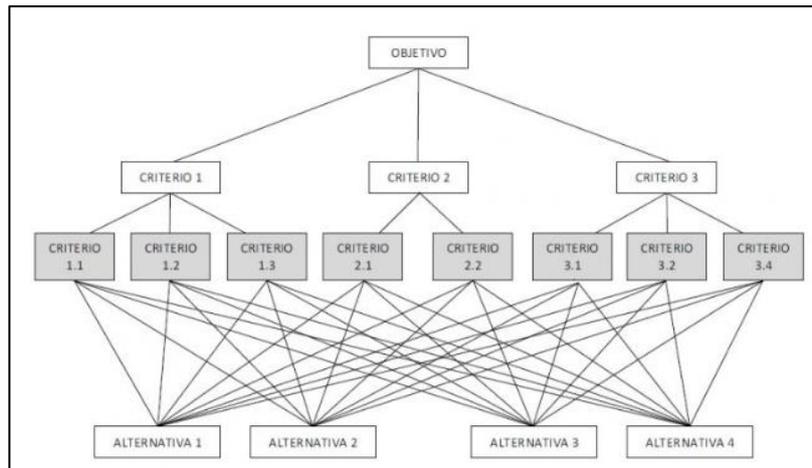


Ilustración 28. Ejemplo de estructura jerárquica AHP (Yepes, 2018)

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios de nivel inferior. Para ello, se utilizan matrices de comparación por pares usando una escala fundamental como la de la tabla X del anexo iii.

Hasta aquí se han expuesto los conceptos fundamentales del método, en dicho anexo iii, se proporciona información más completa para la comprensión en profundidad del mismo.

## 4.6 Conclusiones

Con el capítulo actual, se ha pretendido entrar en profundidad en los aspectos teóricos necesarios para realizar mejoras en el proceso productivo de la empresa.

Se ha empezado explicando la diferencia entre sistemas de producción push y sistemas pull. En Matrices Alcántara se trabaja con un tipo push, lo que genera sobreproducciones y falta de espacio en el almacén, uno de los grandes problemas de la compañía, por lo que, se pretende cambiar esta manera de fabricar introduciendo un sistema pull, el kanban de producción.

Para que dicho método se ajuste perfectamente a las necesidades de la compañía, se ha expuesto el desarrollo de un modelo matemático, con el que, a través de datos de entrada como la capacidad de la máquina y el coste de inventario, se es capaz de definir los límites superior e inferior en el lanzamiento de órdenes, de manera que cuando una referencia se encuentre en ese límite inferior, se lanzará orden de fabricación. Con todo esto se pretende introducir un sistema pull para que, además de generar un procedimiento claro en el departamento de producción, se disminuyan los costes de inventario y los problemas de espacio. El desarrollo completo del modelo se encuentra en el anexo i del proyecto.

Además de esto, se explica la técnica SMED debido la existencia de una máquina con alta carga de trabajo, lo que obliga a realizar producciones muy amplias de la misma referencia, por lo que con esta técnica se pretende ganar capacidad de máquina disminuyendo el tiempo de cambio de lote. En el anexo ii se explican los pasos a seguir y los beneficios de la técnica en detalle.

Por último, para la toma de decisiones entre diferentes alternativas que se darán con posterioridad, se realiza una introducción a la técnica de decisión multicriterio AHP, ampliada en el anexo iii.

## 5 Oportunidades de Mejora.

### 5.1 Introducción

Con el presente apartado se pretende, en primera instancia, generar opciones de mejora que sean capaces de solventar los problemas que causan las incidencias descritas en el capítulo tres del proyecto. Después de producir ideas, se tratarán de ordenar por temas para, más adelante, ser capaces de detallar algo más dichas alternativas propuestas.

Una vez definidas, se utilizará el método de decisión multicriterio AHP para poder tratar en profundidad aquellas soluciones que sean más adecuadas al conjunto del proyecto según diferentes criterios de elección.

### 5.2 Posibles Oportunidades de Mejora

En el análisis de las incidencias del apartado anterior, se hizo una valoración destacando aquellas más urgentes a resolver en función de la frecuencia y el grado en que estas afectan al proceso de producción. Para dichos problemas, lo que se pretende en este apartado es idear mejoras que puedan solucionar dichas incidencias o, al menos, aminorarlas.

Para ello se presenta un diagrama a modo de Brainstorming, donde se pueden apreciar diferentes propuestas para resolver los problemas planteados en el apartado anterior.

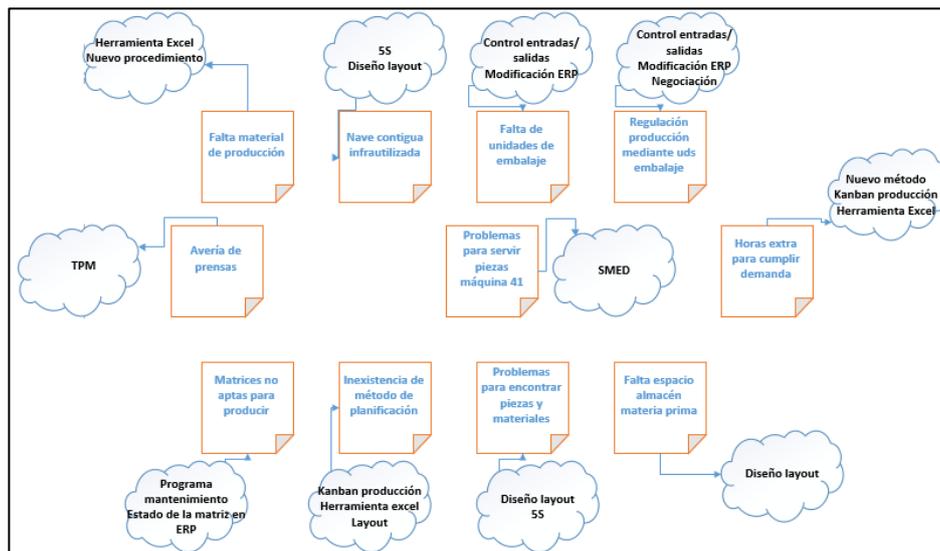


Ilustración 29. Diagrama Brainstorming (Fuente: Elaboración propia)

Para poder organizar todas estas propuestas, a continuación, se presenta el siguiente cuadro sinóptico. Como se puede apreciar, se han dividido las propuestas en cinco temas diferentes.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

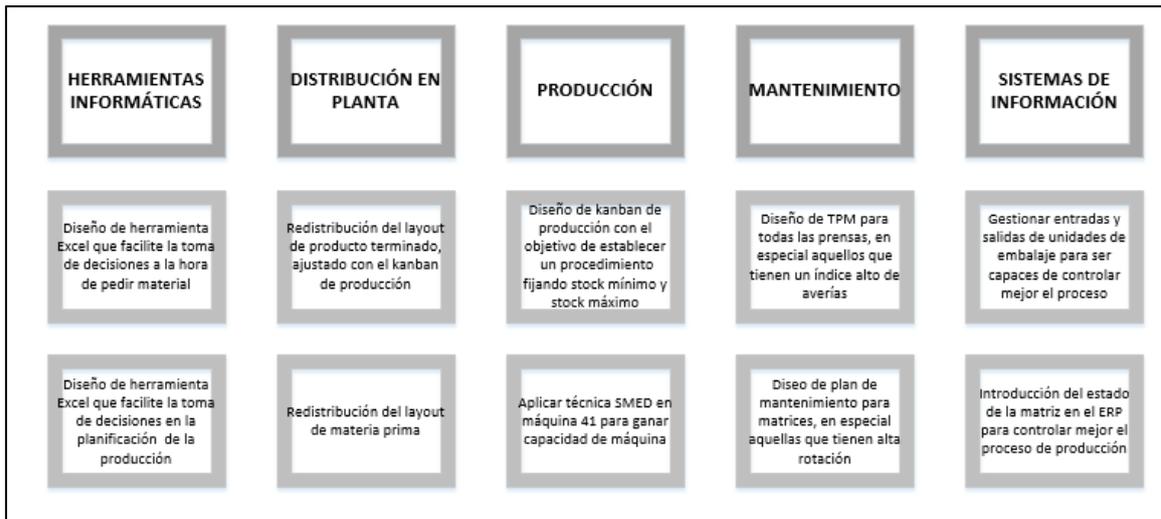


Ilustración 30. Cuadro sinóptico de mejoras (Fuente: Elaboración propia)

La primera subdivisión corresponde a las herramientas informáticas donde se pretende el diseño de una hoja Excel que facilite la toma de decisiones a la hora de pedir material con el fin de eliminar dos problemas relacionados: exceso y escasez de material.

La otra mejora relacionada en esta rama consiste en el diseño de una hoja de cálculo que facilite la toma de decisiones en la planificación de la producción. A través de unos límites mínimos y máximos calculados para cada referencia, se facilita la toma de decisiones ya que se especifica cuánto y cuándo. Se lanzará una orden de fabricación para aquella pieza que haya llegado al stock mínimo y la cantidad será la diferencia entre el stock actual y el máximo estipulado. Lo que se pretende también con la herramienta es que aporte datos acerca del material necesario para realizar la producción requerida y el tiempo que va a conllevar dicha operación.

En cuanto a los cambios de distribución en planta se plantean dos mejoras. La primera es un cambio en el layout de materia prima ya que, debido a la alta variabilidad de materiales a utilizar, el espacio disponible, en ocasiones, es insuficiente. Esto provoca una saturación en los pasillos por los que tienen que pasar los carretilleros, siendo un riesgo alto para la seguridad de los trabajadores. Estando disponible la nave contigua, es posible que una de las soluciones a este problema sea trasladar todo lo relacionado con las bobinas a ese espacio. Con esto, junto con la herramienta de pedido de material, se pretende mejorar en conjunto todo lo que atañe a la materia prima, mejorando la gestión del espacio y de la información.

El otro cambio relacionado con distribuciones en planta es el referido al producto terminado, ya que existen diversos problemas respecto a este tema. En primer lugar, el almacén se encuentra muchas veces saturado, pensando la dirección de la empresa en alquilar un espacio exterior donde dejar parte de este producto a modo de almacén intermedio. Esto es generado por una falta de procedimiento por parte del departamento de producción ya que no se sabe cuánto producir ni cuándo, problema que se intentará solventar con la introducción del kanban de producción. Una vez se sepa cuáles son los stocks máximos fijados para las diferentes referencias, se diseñará el almacén y será posible evaluar si es necesario más espacio o no. Con este diseño se pretende solventar otro de los problemas existentes, el desperdicio de mano de obra cualificada

buscando piezas debido al desorden que acontece en el almacén, de manera que, cada pieza fabricada, una vez salga de la prensa, tendrá una ubicación definida.

Si se habla de las mejoras relacionadas con la producción, destaca la introducción del kanban. Como ya se ha comentado antes, se fijará un stock mínimo y un máximo que además de facilitar las decisiones en la planificación, marcará el diseño del layout de producto terminado. Para ello, se necesita hacer un estudio de todas las referencias de la empresa, diferenciando entre aquellas que son Make-to-Stock y Make-to-Order. Después de dividir las en estas dos categorías, se obtendrán datos como el tiempo de preparación, el ritmo de producción y la demanda diaria de aquellas que son Make-to-Stock, ya que son las que tienen una mayor rotación, para aplicar en una hoja de cálculo, el procedimiento descrito en el punto 3.

Otra incidencia estaba relacionada con la máquina 41, ya que tiene un gran volumen de piezas para fabricar y es necesario producir en lotes muy largos para ser capaces de servir la demanda al cliente. La solución propuesta ante esto es realizar SMEDs, ya que disminuyendo al máximo el tiempo no productivo se consigue un aumento de la capacidad de máquina y con esto se gana más flexibilidad a la hora de producir.

Entre las mejoras relacionadas con el mantenimiento se incluye el diseño de un programa TPM para todas las máquinas, ya que actualmente es inexistente. Esto desemboca en averías y, sobre todo, en no poder controlar cuándo se paran las máquinas. Con el programa de mantenimiento se reduce el riesgo de avería y se tiene más control sobre el proceso productivo, por lo que es importante hacer frente a esta cuestión.

Algo similar ocurre con las matrices. Se cambian los componentes de las mismas cuando alguno se rompe o la pieza no entra dentro de las tolerancias de plano, no existiendo un programa continuo, detallado y fechado donde quede patente lo que se ha realizado en la matriz y cuándo es necesaria una próxima revisión. En ocasiones no se ha podido servir parte de la demanda al cliente porque la matriz en cuestión no era capaz de fabricar piezas con la calidad exigida o porque no existían repuestos de elementos que eran necesarios cambiar, por lo que tiene cierta relevancia a la hora de ser capaces de controlar el proceso productivo.

Por último, se encuentran las mejoras relacionadas con cambios en el ERP. En la primera de ellas se propone un control de las unidades de embalaje entrantes y salientes en la planta, ya que esta es una limitación a la hora de producir y muchas veces no se han podido fabricar referencias necesarias debido a que no había disponibilidad de embalaje.

En la segunda mejora se pretende crear un módulo en el ERP que informe del estado de la matriz, es decir, si está apta para producir o no si no, de manera que el departamento de producción sea consciente en todo momento de las limitaciones que existen.

### 5.3 Descripción Detallada de Opciones de Mejora

1. SMED	
<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Analizar el procedimiento en los cambios de matriz en la máquina más saturada, con el objetivo de ganar más capacidad disminuyendo los tiempos de cambio. Después de realizar el análisis, se realizaría un estándar de cambio y unas 5S en la zona cercana a la prensa.</p>	
<p><b>COSTE ESTIMADO</b></p> <p>1. 40 h ingeniero de procesos</p>	<p><b>DURACIÓN ESTIMADA</b></p> <p>1. Una semana</p>
<p><b>PERSONAL AFECTADO</b></p> <p>Para empezar, afectaría al operario, que tendría que seguir unos pasos concretos para realizar los cambios de lote. El departamento de producción ganaría en cuanto a capacidad de máquina y el departamento de mejora continua y procesos sería quien lo pondría en práctica. Además, mejorando el tiempo de cambio de lote se mejora el OEE de la máquina debido a que la disponibilidad es mayor.</p>	
<p><b>VENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento de la capacidad productiva</li> <li>2. Reducción de tiempos de cambio</li> <li>3. Disminución del tamaño de lote</li> <li>4. Disminución de inventarios</li> <li>5. Aumento de flexibilidad ante variaciones de demanda por parte del cliente</li> </ol>	<p><b>INCONVENIENTES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Paro de máquina para realizar jornada SMED</li> <li>2. Formación de operarios para seguir la hoja estándar de cambio de lote</li> </ol>
<p><b>CONOCIMIENTOS TEÓRICOS NECESARIOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Técnica SMED</li> <li>2. Hoja de operación estándar</li> </ol>	
<p><b>TAREAS QUE EXIGIRÍA EJECUTAR</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grabar en vídeo el cambio de lote actual</li> <li>2. Análisis de la situación</li> <li>3. Separación de la preparación interna de externa</li> <li>4. Conversión de la preparación interna en externa</li> <li>5. Perfeccionamiento de todos los aspectos de preparación</li> <li>6. Estandarizar</li> <li>7. Formación de operarios</li> </ol>	
<p><b>PRE-REQUISITOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disponibilidad de máquina, operario, logístico e ingenieros de procesos y producción.</li> </ol>	

Tabla 23. Opción de mejora 1: Aplicación de SMED (Fuente: Elaboración propia)

<b>2. Redistribución del layout de materia prima</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	
Debido a los problemas de espacio existentes en la planta de la organización, al existir una nave contigua alquilada por la empresa, se propone trasladar allí toda la materia prima existente y aprovechar ese espacio disponible.	
<b>COSTE ESTIMADO</b>	<b>DURACIÓN ESTIMADA</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 80h carretillero para poder mover toda la materia prima de su sitio actual y colocarla en la nave contigua</li> <li>2. 6h operario para realizar inventario de materia prima</li> <li>3. 8h ingeniero de producción para diseñar el nuevo layout de materia prima</li> <li>4. 4h ingeniero de producción para analizar la rotación de los distintos productos</li> <li>5. 20 litros de pintura amarilla para delimitar el suelo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dos semanas</li> </ol>
<b>PERSONAL AFECTADO</b>	
Los afectados directamente serán los logísticos, tanto internos como el externo.	
<b>VENTAJAS</b>	<b>INCONVENIENTES</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ganancia de espacio en la nave principal</li> <li>2. Disminución de movimientos con la carretilla para coger bobinas</li> <li>3. Ganancia de organización al tener los materiales ubicación concreta</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hay que recorrer más espacio para recoger la materia prima</li> <li>2. Conlleva una inversión, ocupación de carretilla y mano de obra durante un tiempo</li> </ol>
<b>CONOCIMIENTOS TEÓRICOS NECESARIOS</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseño de layout</li> </ol>	
<b>TAREAS QUE EXIGIRÍA EJECUTAR</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar un inventario de bobinas.</li> <li>2. Analizar la rotación de los distintos materiales existentes en función de la demanda.</li> <li>3. Proponer alternativas de layout de materia prima y presentarlas a la dirección</li> <li>4. Despejar la nave contigua para hacer sitio a la materia prima.</li> <li>5. Pintar en el suelo la nueva disposición</li> <li>6. Identificar la ubicación donde irán colocadas las nuevas bobinas para que sea más fácil colocarlas.</li> <li>7. Llevar toda la materia prima a su nueva ubicación.</li> <li>8. Formar a los logísticos sobre el nuevo modo de actuar tanto</li> <li>9. Listado de materia prima con la nueva ubicación para facilitar el trabajo a los logísticos.</li> </ol>	
<b>PRE-REQUISITOS</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disponibilidad de mano de obra para trasladar las bobinas</li> <li>2. Disponibilidad de maquinaria para trasladar la materia prima</li> <li>3. Que la dirección apoye los cambios propuestos</li> </ol>	

Tabla 24. Opción de mejora 2: redistribución de layout de materia prima (Fuente: Elaboración propia)

<b>3. Diseño de kanban de producción</b>	
<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Debido a que no existe un método a la hora de lanzar órdenes, se propone el diseño de un kanban de producción, de manera que existan dos niveles para los productos: stock mínimo y stock máximo. De esta manera se sabe cuándo lanzar la orden de producción (cuando la referencia esté por debajo el stock mínimo) y cuánto producir (la diferencia entre el stock máximo y el actual). La consecuencia de la introducción de este procedimiento es que el almacén no se descontrola y evitar las sobreproducciones, dos hechos que ocurren habitualmente en la empresa.</p>	
<p><b>COSTE ESTIMADO</b></p> <p>1. 120 h de ingeniero de producción</p>	<p><b>DURACIÓN ESTIMADA</b></p> <p>1. Tres meses</p>
<p><b>PERSONAL AFECTADO</b></p> <p>El más afectado con este cambio sería el planificador de la producción, ya que actualmente no sigue ningún tipo de método a la hora de lanzar órdenes y prioriza minimizar la pérdida de tiempo de cambio para realizar producciones más largas generando la sobreproducción comentada anteriormente. Las consecuencias de la implantación del procedimiento serían dos: un rediseño del layout de producto terminado que afectaría directamente a los logísticos y la reducción de la sobreproducción existente, liberando espacio en el almacén, además de liberar capital al tener que producir menor cantidad de piezas con la consecuente disminución de necesidad de materia prima.</p>	
<p><b>VENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implantación de un método de planificación</li> <li>2. Evitar sobreproducciones</li> <li>3. Dota de más flexibilidad al sistema</li> <li>4. Facilita el trabajo del planificador de producción</li> <li>5. Dotación de orden al almacén de producto terminado</li> </ol>	<p><b>INCONVENIENTES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adaptación a un nuevo método</li> <li>2. Requiere un alto tiempo de estudio para ser implementado</li> <li>3. Si dos referencias son fabricadas en la misma máquina llegan al punto de pedido en el mismo momento, es posible que haya ruptura de stock</li> </ol>
<p><b>CONOCIMIENTOS TEÓRICOS NECESARIOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teoría de cálculo de lotes</li> <li>2. Diseño de layout</li> </ol>	
<p><b>TAREAS QUE EXIGIRÍA EJECUTAR</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diferenciar entre referencias make to stock y make to order con el objetivo de tener claro cuáles son los productos que deberán tener cabida en el layout</li> <li>2. Asignar las referencias make to stock a las prensas correspondientes sin sobrepasar la capacidad disponible</li> <li>3. Realización de hoja Excel para calcular los stocks máximos y mínimos.</li> <li>4. Calcular la demanda diaria de cada producto recopilando aproximadamente los seis meses anteriores.</li> <li>5. Realizar media diaria de los tiempos de preparación de las referencias con el histórico de pedidos.</li> <li>6. Asignar los ritmos de producción de cada pieza recopilando datos de seis meses anteriores para esa referencia.</li> </ol>	
<p><b>PRE-REQUISITOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apoyo por parte de la dirección</li> <li>2. Consenso en el departamento de producción para seguir una metodología diferente a la actual</li> </ol>	

Tabla 25. Opción de mejora 3: diseño de kanban de producción (Fuente: Elaboración propia)

<b>4. Rediseño del layout de producto terminado e implantación</b>	
<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Después de realizar el kanban de producción, es necesario adaptar los stocks máximos calculados al espacio del almacén, de manera que haya una mejor organización de la que había previamente y establecer un límite físico a ese stock máximo fijado con el cálculo del kanban.</p>	
<p><b>COSTE ESTIMADO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>16 h de ingeniero de producción</li> <li>16 h carretillero</li> </ol>	<p><b>DURACIÓN ESTIMADA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Dos días</li> </ol>
<p><b>PERSONAL AFECTADO</b></p> <p>Los mayores afectados en el cambio de layout son los logísticos, tanto internos como externo, ya que los internos deberán conocer las nuevas ubicaciones de producto terminado para colocar las piezas cuando éstas salgan de las prensas, y el externo por lo mismo, sólo que en vez de dejar las piezas en su ubicación las cargará de ahí al camión de recogida diario. El departamento de producción también se vería afectado ya que se fija un stock máximo de producción, e indirectamente la dirección de la empresa notará que el almacén es suficiente para albergar todos los productos fabricados y liberará costes de almacenamiento al disminuir estos en gran medida.</p>	
<p><b>VENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Organización del almacén</li> <li>Mejora en los tiempos de expedición y reposición de producto terminado</li> <li>Disminución de costes de inventario</li> <li>Limitación de sobreproducción</li> </ol>	<p><b>INCONVENIENTES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El cambio en la disposición del almacén no se sabe cómo será aceptado por los trabajadores</li> <li>Posible ruptura de stock si el espacio es reducido y los proyectos crecen</li> </ol>
<p><b>CONOCIMIENTOS TEÓRICOS NECESARIOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Diseño de layouts</li> </ol>	
<p><b>TAREAS QUE EXIGIRÍA EJECUTAR</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Después de obtener los stocks máximos para las diferentes referencias, calcular los huecos para cada uno de los productos terminados dividiendo su stock máximo entre las piezas por unidad de embalaje.</li> <li>Presentar a la dirección diferentes alternativas de layout de producto terminado exponiendo ventajas y desventajas de cada una.</li> <li>Escogida la alternativa definitiva, realizar los cambios pertinentes que den lugar a la nueva distribución física del almacén.</li> <li>Realizar una hoja para los logísticos que relacione referencia con ubicación en el almacén.</li> </ol>	
<p><b>PRE-REQUISITOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Disponibilidad de mano de obra</li> <li>Disponibilidad de carretilla</li> <li>Disponibilidad de datos de los productos terminados</li> <li>Apoyo de la dirección</li> </ol>	

Tabla 26. Opción de mejora 4: rediseño de layout de producto terminado (Fuente: Elaboración propia)

<b>5. Diseño de herramienta para planificar la producción</b>	
<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Esta mejora consiste en diseñar una herramienta Excel basada en el kanban calculado, de manera que de forma automática dé información suficiente para planificar la producción de una manera más sencilla y rápida. Aportará la cantidad a fabricar de la referencia en cuestión cuando su stock sea igual o menor al mínimo establecido.</p>	
<p><b>COSTE ESTIMADO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>160h de ingeniero de producción</li> </ol>	<p><b>DURACIÓN ESTIMADA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Un mes</li> </ol>
<p><b>PERSONAL AFECTADO</b></p> <p>La persona afectada con esta mejora es el planificador de producción. Con esto, cambiaría su procedimiento habitual a la hora de tomar decisiones ya que, al estar la herramienta basada en el kanban de producción descrito anteriormente, él sólo tiene que observar en pantalla cuándo producir y qué cantidad, de cada referencia.</p>	
<p><b>VENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Reducción de tiempo de planificación</li> <li>Aporta los datos necesarios para planificar</li> <li>Automatización del proceso</li> <li>Facilita la toma de decisiones</li> </ol>	<p><b>INCONVENIENTES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Cambio de procedimiento en la planificación, lo que requiere tiempo de adaptación</li> <li>Tiempo relativamente largo de implementación ya que requiere el cálculo del Kanban previamente explicado</li> </ol>
<p><b>CONOCIMIENTOS TEÓRICOS NECESARIOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Conocimientos de gestión de inventarios</li> </ol>	
<p><b>TAREAS QUE EXIGIRÍA EJECUTAR</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Creación de tabla principal con los datos de todas las referencias de cada prensa: nº de referencia, tiempo de cambio de lote, tipo de unidad de embalaje, nº de piezas por unidad de embalaje, ritmo de producción, stock mínimo, stock máximo, demanda media...</li> <li>Creación de la tabla demanda donde se especifique la cantidad de piezas requeridas cada día de cada referencia asociada a la previsión ofrecida por el cliente</li> <li>Creación de la tabla inventario donde se puede ver en el horizonte de planificación cuál es la necesidad</li> <li>Creación de la tabla producción donde se modifica la cantidad a producir de cada referencia</li> <li>Creación de la tabla carga de máquina donde se calcula el tiempo necesario para producir la cantidad deseada en función de los datos de la tabla principal</li> <li>Creación de la tabla carga de material donde se especifica la cantidad de material necesaria para cada referencia según lo que se prevea producir.</li> </ol>	
<p><b>PRE-REQUISITOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Apoyo por parte de la dirección para adoptar cambios en la gestión del stock</li> <li>Contar con las herramientas informáticas necesarias</li> </ol>	

Tabla 27. Opción de mejora 5: diseño de una herramienta que planifique la producción (Fuente: Elaboración propia)

<b>6. Diseño de herramienta para aprovisionamiento de material</b>	
<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Como actualmente no existe un procedimiento a la hora de pedir material, se propone la creación de un Excel visual de manera que se relacione la previsión de demanda con los kilogramos de material necesarios para cumplir dicha demanda. Si hay suficiente material en stock, la cantidad de kilogramos aparecerá en blanco. Si no hay suficiente material en stock para una semana concreta, pero con el material que hay pedido es suficiente para cumplir la demanda, aparecerá en amarillo, y si, no es suficiente con la suma del material en stock y el material pedido aparecerá en rojo. Además de esto, se propone marcar el tiempo que tarda el material de cada proveedor en llegar para que esté en las instalaciones de Matrices Alcántara en la semana que corresponda usarlo.</p>	
<p><b>COSTE ESTIMADO</b></p> <p>1. 40h de ingeniero de producción</p>	<p><b>DURACIÓN ESTIMADA</b></p> <p>1. Una semana</p>
<p><b>PERSONAL AFECTADO</b></p> <p>Afectará al planificador de producción ya que sabrá cuándo pedir el material deseado y en qué cantidad.</p>	
<p><b>VENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Facilita la toma de decisiones</li> <li>Se sabe cuánto material pedir y cuándo hacerlo</li> <li>Evita el sobrestock de materia prima.</li> </ol>	<p><b>INCONVENIENTES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Debe actualizarse desde el ERP ya que no existe un canal de comunicación instantáneo que vincule los datos de stock y propuestas de pedido</li> </ol>
<p><b>CONOCIMIENTOS TEÓRICOS NECESARIOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Conocimientos acerca del ERP empleado por la empresa</li> </ol>	
<p><b>TAREAS QUE EXIGIRÍA EJECUTAR</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Realizar inventario de materia prima</li> <li>Listar los materiales encontrados</li> <li>Clasificar los materiales según el proveedor</li> <li>Fijar un punto de pedido de material</li> <li>Diseño de herramienta Excel</li> </ol>	
<p><b>PRE-REQUISITOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Apoyo por parte de la dirección</li> </ol>	

Tabla 28. Opción de mejora 6: diseño de una herramienta que mejore el proceso de aprovisionamiento de material

(Fuente: Elaboración propia)

<b>7. Introducción de TPM en matrices con mucho índice de averías</b>	
<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Se trata de efectuar un análisis de averías de todas las matrices de manera que se les realicen los cambios de componentes en el momento oportuno y no esperar a que se rompan para realizar modificaciones, es decir, implementar mantenimiento preventivo en la empresa.</p>	
<p><b>COSTE ESTIMADO</b></p> <p>1. Trabajo continuo del encargado de mantenimiento</p>	<p><b>DURACIÓN ESTIMADA</b></p> <p>1. Un mes</p>
<p><b>PERSONAL AFECTADO</b></p> <p>Afectará de sobre manera al departamento de mantenimiento ya que se tendrán que encargar de disponer de los recambios adecuados en el tiempo estipulado para poder realizar esta operación. Con esto, el departamento de producción sabe cuál son las matrices a reparar y en qué momento se repararán, generando un mayor control en todo el proceso de producción.</p>	
<p><b>VENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evitar roturas inesperadas que puedan provocar retrasos en la entrega del producto debido a que la matriz no está preparada para producir</li> <li>2. Mejora de la gestión del mantenimiento de matrices al poder llevar a cabo análisis que indiquen causas de rotura</li> </ol>	<p><b>INCONVENIENTES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Con el personal disponible, es complicado llevar a cabo la mejora.</li> </ol>
<p><b>CONOCIMIENTOS TEÓRICOS NECESARIOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantenimiento de matrices</li> </ol>	
<p><b>TAREAS QUE EXIGIRÍA EJECUTAR</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar un inventario de los repuestos que existen en la planta</li> <li>2. Detallar los recambios necesarios para cada matriz</li> <li>3. Generar un calendario donde se indique qué cambiar y cuándo hacerlo para todas las matrices existentes en la planta</li> <li>4. Realizar una lista de averías de todas las matrices para poder llevar a cabo el análisis</li> </ol>	
<p><b>PRE-REQUISITOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apoyo de la dirección para tener los recambios que solicita el departamento de mantenimiento en el tiempo adecuado</li> <li>2. Predisposición por el departamento de mantenimiento para, además de realizar los cambios de componentes, llevar el control de las averías que se producen en las distintas matrices para después, poder analizar cuáles son las que más fallan y corregirlo como sea pertinente.</li> </ol>	

Tabla 29. Opción de mejora 7: introducción de TPM en las matrices con mucho índice de averías (Fuente: Elaboración propia)

<b>8. Introducción del estado de la matriz en el ERP</b>	
<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Para cada una de las matrices existentes, se plantea introducir una característica en el ERP donde se informe de cuál es el estado de la misma, en reparación, disponible o en mantenimiento.</p>	
<p><b>COSTE ESTIMADO</b></p> <p>1. 7000 €</p>	<p><b>DURACIÓN ESTIMADA</b></p> <p>1. Un mes</p>
<p><b>PERSONAL AFECTADO</b></p> <p>Afectará al planificador de producción de manera que pueda tener información disponible sobre el estado de la matriz a tiempo real, y al encargado de mantenimiento que tendrá que actualizar constantemente cualquier cambio en cada una de las matrices</p>	
<p><b>VENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dota de información en tiempo real sobre el estado de las matrices, importantes para el planificador</li> <li>2. Agiliza el flujo de información entre producción y mantenimiento</li> </ol>	<p><b>INCONVENIENTES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inversión relativamente elevada</li> <li>2. Requiere actualización constante para que el flujo de información se desarrolle correctamente</li> </ol>
<p><b>CONOCIMIENTOS TEÓRICOS NECESARIOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistemas de información</li> <li>2. Manejo del ERP de la empresa</li> </ol>	
<p><b>TAREAS QUE EXIGIRÍA EJECUTAR</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar todas las matrices con algún código alfanumérico</li> <li>2. Validar un nuevo módulo en el ERP que indique el estado de la matriz correspondiente</li> </ol>	
<p><b>PRE-REQUISITOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apoyo de la dirección</li> <li>2. Que el departamento de mantenimiento tenga capacidad para actualizar los datos de las matrices</li> </ol>	

Tabla 30. Opción de mejora 8: introducción del estado de la matriz en el ERP (Fuente: Elaboración propia)

<b>9. Contabilizar las unidades de embalaje entrantes y salientes</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b> Se pretende instalar un sistema de información que aporte la cantidad de unidades de embalaje disponibles a la hora de realizar la planificación de la producción, de manera que se tenga un control total sobre el proceso, aunque dichas unidades de embalaje no dependan de Matrices Alcántara sino de su principal cliente.	
<b>COSTE ESTIMADO</b> 1. Lo realizaría la empresa de gestionar el ERP, por lo que el coste rondaría los 2000 €.	<b>DURACIÓN ESTIMADA</b> 1. Dos meses
<b>PERSONAL AFECTADO</b> El responsable de mantenimiento tendrá la labor, junto con el operario, de saber cuáles son los puntos de fuga de la máquina, así como de los recambios que conllevan. El ingeniero de procesos se centrará en diseñar el calendario de revisión y crear las hojas estándar que indiquen los pasos a seguir para cumplir con el mantenimiento.	
<b>VENTAJAS</b> 1. Dota de control al proceso de planificación 2. Facilita la toma de decisiones 3. Aporta información que anteriormente era inexistente	<b>INCONVENIENTES</b> 1. Inversión relativamente elevada 2. El tiempo de implementación puede ser grande 3. Requiere tiempo de aprendizaje por parte del personal
<b>CONOCIMIENTOS TEÓRICOS NECESARIOS</b> 1. Sistemas de información	
<b>TAREAS QUE EXIGIRÍA EJECUTAR</b> 1. Hablar con la empresa que gestiona el ERP y ver si es posible implementar la mejora 2. Pedir presupuesto si la mejora es implantable y valorar si es rentable económicamente 3. Si se decide que la mejora debe implementarse, empresa encargada de gestionar el ERP realizaría una formación a los mandos intermedios para explicarles cómo funciona el nuevo módulo 4. Realizar un inventario para saber exactamente la cantidad de unidades de embalaje de cada tipo de las que dispone la empresa 5. Actualizar el stock de unidades de embalaje y a partir de ahí, contabilizar entradas y salidas de alguna manera, como puede ser con un sistema de etiquetas.	
<b>PRE-REQUISITOS</b> 1. Apoyo de la dirección 2. Recursos económicos para implementar la mejora	

Tabla 31. Opción de mejora 9: contabilizar unidades de embalaje entrantes y salientes (Fuente: Elaboración propia)

<b>10. TPM de máquinas con problemas</b>	
<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Debido a que en repetidas ocasiones algunas máquinas presentan fallos, se hace necesario diseñar gamas TPMs para poder controlar cuándo parar las máquinas y minimizar el riesgo de avería.</p>	
<p><b>COSTE ESTIMADO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 40 h ingeniero de procesos.</li> <li>2. 40 h responsable de mantenimiento</li> <li>3. 40 h operario de prensa</li> </ol>	<p><b>DURACIÓN ESTIMADA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un mes</li> </ol>
<p><b>PERSONAL AFECTADO</b></p> <p>El responsable de mantenimiento tendrá la labor, junto con el operario, de saber cuáles son los puntos de fuga de la máquina, así como de los recambios que conllevan. El ingeniero de procesos se centrará en diseñar el calendario de revisión y crear las hojas estándar que indiquen los pasos a seguir para cumplir con el mantenimiento.</p>	
<p><b>VENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se minimiza el riesgo de paro por avería</li> <li>2. Genera el control sobre los paros de la máquina, de manera que estos puedan ser previsibles.</li> </ol>	<p><b>INCONVENIENTES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Constancia en la gama a aplicar</li> </ol>
<p><b>CONOCIMIENTOS TEÓRICOS NECESARIOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocimientos acerca de la maquinaria</li> <li>2. TPM</li> <li>3. Mantenimiento industrial</li> </ol>	
<p><b>TAREAS QUE EXIGIRÍA EJECUTAR</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Restaurar las condiciones iniciales del equipamiento: limpieza a fondo, identificación de anomalías, reaprietes y lubricación.</li> <li>2. Eliminar fugas, fuentes de suciedad y contaminación y mejorar el acceso a los puntos de inspección.</li> <li>3. Realizar los estándares de limpieza inspección y lubricación en los que existan check-lists y planes de inspección.</li> <li>4. Desarrollar conocimientos acerca de la construcción, funcionamiento y mantenimiento de los equipamientos, de manera que el operario quede formado en el auto mantenimiento.</li> </ol>	
<p><b>PRE-REQUISITOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apoyo de la dirección</li> <li>2. Equipo de mantenimiento disponible</li> <li>3. Máquina disponible</li> <li>4. Ingeniero de procesos disponible y capaz de realizar el TPM</li> </ol>	

Tabla 32. Opción de mejora 10: introducir un TPM en las máquinas más problemáticas (Fuente: Elaboración propia)

## 5.4 Categorización y Priorización de Opciones

La lista de las mejoras descritas en el apartado anterior es la siguiente:

1. SMED
2. Redistribución de layout de materia prima
3. Diseño de kanban de producción
4. Diseño de layout de producto terminado
5. Herramienta que programa la producción
6. Herramienta para pedir material
7. TPM de matrices con problemas
8. Introducción del estado de la matriz en el ERP
9. Introducción de unidades de embalaje en el ERP
10. TPM de máquinas

Se agruparán las distintas mejoras por los temas que abordan, generando una serie de opciones que serán objeto de análisis en la valoración AHP.

Opción	Tema en común	Mejoras implicadas
Opción 1	Materia prima	2,6
Opción 2	Producción	3,4,5
Opción 3	SMED	1
Opción 4	TPM	7,10
Opción 5	Estado matriz en ERP	8
Opción 6	Unidades de embalaje	9

Tabla 33. Mejoras agrupadas por temas (Fuente: Elaboración propia)

Ahora el objetivo es decidir cuáles son las acciones más relevantes a implementar. Para ello, se pondrá en práctica la técnica AHP. Los criterios que marcarán la decisión serán los siguientes:

Criterio	Descripción
Criterio 1	Coste y recursos de la acción de mejora
Criterio 2	Tiempo de implementación
Criterio 3	Reducción de espacio
Criterio 4	Mejora del proceso de producción

Tabla 34. Criterios AHP (Fuente: Elaboración propia)

El primer criterio se refiere al coste y recursos de la acción de mejora por lo que, cuanto mayor sea este, menos ponderará a la hora de tomar la decisión. En cuanto al criterio 2, tiempo de implementación, se opta por buscar una mejora rápida, por tanto, ponderarán más, aquellas acciones que no requieren una inversión de tiempo muy elevada.

Luego, el criterio 3, uno de los problemas principales que existe en la organización es el espacio disponible. Como ya se comentó, la empresa se estaba planteando alquilar otra nave para almacenar parte del producto acabado, debido a que se estaba quedando sin espacio, por lo que se estima oportuno que este sea uno de los criterios principales a la hora de elegir una mejora.

El último criterio trata sobre el grado de mejora que se aporta sobre el proceso de producción, ya que es uno de nuestros objetivos principales.

Comenzando con el criterio 1, coste y recursos a emplear, queda patente al observar la tabla que la opción más ventajosa es la aplicación del SMED ya que, no se necesita ni inversión de recursos ni externa, basta con reservar una jornada para poder observar el cambio de matrices en la planta, analizar movimientos y diferenciar tareas internas y externas y convertir lo interno y externo. Por tanto, un ingeniero de procesos podría desempeñar esta labor con facilidad. La siguiente opción más ventajosa sería la introducción del TPM, ya que no necesitaría inversión externa, pero, sí que es más costoso llevar a cabo esta tarea ya que implica conocer bien el funcionamiento tanto de máquinas como de matrices para luego estandarizarlo, por lo que además de diseñar procedimiento habría que parar las máquinas en determinados momentos, lo que supone un coste superior a la aplicación del SMED. Con una ponderación similar están las tareas relacionadas con la producción y la materia prima que, aunque no necesiten inversión externa realmente, se requiere un profundo análisis de los productos y el espacio de la empresa. Por último, estarían las mejoras que implican modificaciones en el ERP (opciones 5 y 6), que, en comparación con las otras propuestas, suponen un coste más alto.

1. COSTE Y RECURSOS A EMPLEAR							
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6	
Opción 1	1,00	2,00	0,25	0,33	7,00	7,00	
Opción 2	0,50	1,00	0,20	0,33	6,00	6,00	
Opción 3	4,00	5,00	1,00	5,00	8,00	8,00	
Opción 4	3,00	3,00	0,20	1,00	6,00	6,00	
Opción 5	0,14	0,17	0,13	0,17	1,00	1,00	
Opción 6	0,14	0,17	0,13	0,17	1,00	1,00	
Suma	8,79	11,33	1,90	7,00	29,00	29,00	
Matriz normalizada						Promedio	
Opción 1	0,11	0,18	0,13	0,05	0,24	0,24	0,16
Opción 2	0,06	0,09	0,11	0,05	0,21	0,21	0,12
Opción 3	0,46	0,44	0,53	0,71	0,28	0,28	0,45
Opción 4	0,34	0,26	0,11	0,14	0,21	0,21	0,21
Opción 5	0,02	0,01	0,07	0,02	0,03	0,03	0,03
Opción 6	0,02	0,01	0,07	0,02	0,03	0,03	0,03

Tabla 35. Criterio 1 AHP (Fuente: Elaboración propia)

El segundo criterio trata el aspecto del tiempo de implementación, es decir, cuanto menor sea este tiempo, mayor será la ponderación de la opción correspondiente.

Como en el primer caso, la introducción de la técnica SMED es la que mayor ponderación tiene debido a que una jornada de trabajo y unos días de análisis y estandarización son suficientes para realizar la mejora. Después, los avances relacionados con la materia prima y la producción son sensiblemente más lentos de aplicar que la técnica SMED, pero están en segunda y tercera posición respectivamente. Por último, las opciones de introducir TPM, introducción del estado de la matriz y control de las unidades de embalaje mediante el ERP, suponen un coste temporal mayor por lo que su ponderación en este criterio es bastante baja.

2. TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN							
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6	
Opción 1	1,00	2,00	0,33	3,00	3,00	3,00	
Opción 2	0,50	1,00	0,25	2,00	2,00	2,00	
Opción 3	3,00	4,00	1,00	5,00	5,00	5,00	
Opción 4	0,33	0,50	0,20	1,00	1,00	1,00	
Opción 5	0,33	0,50	0,20	1,00	1,00	1,00	
Opción 6	0,33	0,50	0,20	1,00	1,00	1,00	
Suma	5,50	8,50	2,18	13,00	13,00	13,00	
Matriz normalizada						Promedio	
Opción 1	0,18	0,24	0,15	0,23	0,23	0,23	0,21
Opción 2	0,09	0,12	0,11	0,15	0,15	0,15	0,13
Opción 3	0,55	0,47	0,46	0,38	0,38	0,38	0,44
Opción 4	0,06	0,06	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07
Opción 5	0,06	0,06	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07
Opción 6	0,06	0,06	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07

Tabla 36. Criterio 2 AHP (Fuente: Elaboración propia)

Para el tercer criterio, reducción de espacio, la opción 2, introducción del kanban de producción y diseño del layout de producto terminado tiene la ponderación más alta como era de esperar ya que, se evitarán las sobreproducciones acontecidas en la organización. La siguiente alternativa predilecta es la que atañe a la materia prima, disminuyendo el espacio requerido para las bobinas mezclando el rediseño del layout y la herramienta de planificación de pedido. Las cuatro opciones restantes no aportan mucho a la reducción de espacio, si acaso el SMED, ya que ganando capacidad de máquina se podrán fabricar lotes más cortos.

3. ESPACIO							
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6	
Opción 1	1,00	0,33	3,00	9,00	9,00	9,00	
Opción 2	3,00	1,00	7,00	9,00	9,00	9,00	
Opción 3	0,33	0,14	1,00	5,00	5,00	5,00	
Opción 4	0,11	0,11	0,20	1,00	1,00	1,00	
Opción 5	0,11	0,11	0,20	1,00	1,00	1,00	
Opción 6	0,11	0,11	0,20	1,00	1,00	1,00	
Suma	4,67	1,81	11,60	26,00	26,00	26,00	
Matriz normalizada						Promedio	
Opción 1	0,21	0,18	0,26	0,35	0,35	0,35	0,28
Opción 2	0,64	0,55	0,60	0,35	0,35	0,35	0,47
Opción 3	0,07	0,08	0,09	0,19	0,19	0,19	0,14
Opción 4	0,02	0,06	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04
Opción 5	0,02	0,06	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04
Opción 6	0,02	0,06	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04

Tabla 37. Criterio 3 AHP (Fuente: Elaboración propia)

El objetivo de este proyecto es mejorar el proceso de producción de Matrices Alcántara, por lo que esto pasa a ser un criterio de selección de las mejoras propuestas. Como cabía esperar, el kanban de producción y el rediseño del layout es la opción que más pondera ya que es una mejora directamente aplicada sobre el proceso. Después está la opción relacionada con la materia prima, que, al ser un input claro del proceso, tiene un alto valor en este criterio. Un poco por debajo se encuentra la regulación de las unidades de embalaje, que sin ser tan importante como la gestión de la materia prima, es otra de las entradas dentro de la producción que es conveniente gestionar. Por último, tienen menos importancia la introducción del estado de la matriz en el ERP, las mejoras de mantenimiento y la introducción del SMED

4. MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN							
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6	
Opción 1	1,00	0,33	4,00	3,00	3,00	2,00	
Opción 2	3,00	1,00	7,00	5,00	5,00	4,00	
Opción 3	0,75	0,14	1,00	0,33	0,33	0,25	
Opción 4	0,33	0,20	3,00	1,00	1,00	0,50	
Opción 5	0,33	0,20	3,00	1,00	1,00	0,50	
Opción 6	0,50	0,25	4,00	2,00	2,00	1,00	
Suma	5,92	2,13	22,00	12,33	12,33	8,25	
Matriz normalizada							Promedio
Opción 1	0,17	0,16	0,18	0,24	0,24	0,24	0,21
Opción 2	0,51	0,47	0,32	0,41	0,41	0,48	0,43
Opción 3	0,13	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,05
Opción 4	0,06	0,09	0,14	0,08	0,08	0,06	0,08
Opción 5	0,06	0,09	0,14	0,08	0,08	0,06	0,08
Opción 6	0,08	0,12	0,18	0,16	0,16	0,12	0,14

Tabla 38. Criterio 4 AHP (Fuente: Elaboración propia)

Para la ponderación de criterios, se ha decidido que la mejora en el proceso de producción, debido a que el proyecto trata de esto, y el ahorro de espacio en planta, ya que este problema era bastante preocupante para la compañía, tienen más valoración que los criterios de coste y tiempo.

PONDERACIÓN DE CRITERIOS				
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4
Criterio 1	1,00	1,00	0,20	0,20
Criterio 2	1,00	1,00	0,20	0,20
Criterio 3	5,00	5,00	1,00	1,00
Criterio 4	5,00	5,00	1,00	1,00
Suma	12,00	12,00	2,40	2,40
Matriz normalizada				Promedio
Criterio 1	0,08	0,08	0,08	0,08
Criterio 2	0,08	0,08	0,08	0,08
Criterio 3	0,42	0,42	0,42	0,42
Criterio 4	0,42	0,42	0,42	0,42

Tabla 39. Ponderación de criterios AHP (Fuente: Elaboración propia)

Con todo esto, la matriz de decisión aporta un resultado en el que las tres mejoras en global más rentables para aplicar son las relacionadas con la materia prima (rediseño de layout y herramienta de pedido de material), las que afectan a la producción (kanban de producción, herramienta de planificación y rediseño de layout) y la aplicación de la técnica SMED en la máquina 41 para adquirir mayor capacidad de máquina.

	COSTE	TIEMPO	ESPACIO	MEJORA PROCESO PRODUCCIÓN	RESULTADO
Materia prima	0,16	0,21	0,28	0,21	<b>0,23</b>
Producción	0,12	0,13	0,47	0,43	<b>0,40</b>
SMED	0,45	0,44	0,14	0,05	<b>0,15</b>
TPM	0,21	0,07	0,04	0,08	<b>0,07</b>
Estado matriz ERP	0,03	0,07	0,04	0,08	<b>0,06</b>
Unidades embalaje ERP	0,03	0,07	0,04	0,14	<b>0,08</b>
Ponderación	0,08	0,08	0,42	0,42	

Tabla 40. Resultado AHP (Fuente: Elaboración propia)

## 5.5 Conclusiones

En el presente apartado se ha empezado con una tormenta de ideas para solventar las distintas incidencias explicadas en el apartado 3, intentando ordenarlas por temas mediante un cuadro sinóptico. Después de esto, se han explicado en profundidad, detallando entre otras cuestiones el coste que tienen a priori, la duración, los implicados, quiénes se verán afectados, las tareas que requieren... para después, con una técnica AHP sujeta a los criterios explicados en el anterior subapartado, decidir cuáles son las más ventajosas de aplicar a corto plazo en Matrices Alcántara. En próximos apartados se explicarán con detalle las opciones definidas como prioritarias.

## 6 Planificación del Proyecto de Mejora

### 6.1 Introducción

En el apartado anterior se han propuesto una serie de ideas para solucionar las diferentes incidencias observadas en Matrices Alcántara para después utilizar un método de decisión para priorizar los problemas que acontecían en la empresa.

Con todo esto, en el presente apartado se pretende planificar dichas acciones de mejora que darán forma al proyecto. Se empezará listando las diferentes tareas que son necesarias para llevar a cabo las acciones previstas, explicando con detalle en qué consisten.

Después de esto, se asignarán los recursos necesarios, ya sean en forma de mano de obra o bien a través de materiales, y los responsables de cada tarea para cada una de las mejoras propuestas en la empresa.

Finalmente, queda por fijar la temporización de las distintas tareas que dará como resultado la duración total del proyecto.

El último subapartado estará centrado en los costes parciales de las acciones de mejora y en el coste total que será necesario para llevar a cabo el proyecto.

### 6.2 Plan de Implantación

#### 6.2.1 Tareas y descripción.

En primer lugar, se describirán las acciones correspondientes con la materia prima. Se describen dos mejoras independientes, aquello consistente con la herramienta de pedido de material y por otra parte todo lo que conlleva el diseño del layout. En las tablas 41 y 42 se pueden apreciar el listado de tareas necesarias para llevar a cabo las acciones propuestas.

<b>PROPUESTA</b>	<b>TAREAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1.1 HERRAMIENTA DE PEDIDO DE MATERIAL</b>	1.1.1. Realizar inventario de materia prima	Debido a que los datos suministrados por el ERP no son fiables del todo debido a experiencias anteriores, antes de poder diseñar una herramienta es necesario saber lo que hay en stock con seguridad, por lo que se medirán todas las bobinas existentes en la planta para saber los kilogramos de materia prima que se tienen con detalle
	1.1.2. Listar los materiales encontrados	Después de realizar el inventario, se realizará una lista donde se pueda ver el tipo de material y los kilogramos existentes.
	1.1.3. Clasificar materiales según proveedor	A esa lista habría que añadirle el proveedor correspondiente de cada material para, a la hora de pedir, poder organizarlo.
	1.1.4. Fijar un punto de pedido de material	Será necesario establecer el punto de reaprovisionamiento con la dirección y el jefe de producción ya que esto determinará la materia prima que se tendrá en stock.
	1.1.5. Diseño de herramienta Excel de pedido de material	Con estos datos se procederá al diseño de una herramienta de pedido de material donde quede patente cuántos kilogramos es necesario pedir y en qué momento hacerlo.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

Tabla 41. Listado de tareas para realizar la herramienta de pedido de material (Fuente: Elaboración propia)

PROPUESTA	TAREAS	DESCRIPCIÓN
<b>1.2 REDISEÑO DE LAYOUT DE MATERIA PRIMA EXISTENTE</b>	1.2.1. Definir con la dirección si es necesario un cambio en la disposición de la materia prima	Tratar con la dirección de la empresa el problema de espacio con la materia prima y tomar una decisión al respecto
	1.2.2. Elaboración de alternativas para la nueva disposición	Generar opciones sobre el lugar de implantación explicando pros y contras acerca de las mismas
	1.2.3. Toma de decisión definitiva	Tomar la decisión final para empezar a realizar el cambio
	1.2.4. Despejar la zona del nuevo emplazamiento	En función de la opción escogida, despejar la zona para realizar los cambios pertinentes en la misma.
	1.2.5. Pintar el suelo para la colocación de las bobinas	Poner en práctica el plano diseñado a la dirección para la posterior colocación de la materia prima
	1.2.6. Colocar las bobinas en su nuevo emplazamiento	El carretillero u operario de la organización junto con el ingeniero que diseñe el layout
	1.2.7. Formación a los operarios sobre la nueva disposición del material	Formación a los operarios sobre la nueva disposición de la materia prima para que se familiaricen con ello a la hora de tener que preparar las bobinas necesarias de cada día.

Tabla 42. Listado de tareas para realizar el rediseño del layout de materia prima (Fuente: Elaboración propia)

En segundo lugar, se encuentra la mejora correspondiente al proceso de producción. Esta consistirá, inicialmente, en la aplicación de la teoría de cálculo de lotes explicada en el apartado 4 del presente proyecto, así como en el anexo i, lo que dará lugar a la obtención de niveles de stock mínimo y máximo de las referencias escogidas. A partir de este estudio se realizarán dos acciones: un rediseño del layout con los datos obtenidos de los stocks máximos de la teoría de cálculo de lotes y una herramienta que indique cuánto producir y cuándo hacerlo. Todo esto está disgregado en distintas tareas que pueden observarse en la tabla 43.

PROPUESTA	TAREAS	DESCRIPCIÓN
<b>2. MEJORA DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN</b>	2.1. Realizar análisis ABC	Recoger datos de las ventas del ejercicio anterior para obtener los productos Make to Stock y Make to Order y ser capaces de seleccionar las piezas importantes que deberán ser objeto de análisis.
	2.2. Clasificar los productos tipo A en función de la máquina	Con esta tarea se pretende organizar las diferentes referencias en función de la máquina en la que son producidos.
	2.3. Construir una Excel con la teoría de cálculo de lotes	Se diseñará una hoja Excel para la teoría de cálculo de lotes expuesta en el punto 3 del presente trabajo, para que, en función de una serie de entradas, sea capaz de hallar los stocks mínimo y máximo de las referencias seleccionadas para cada tipo de máquina
	2.4. Obtención de los inputs necesarios de las	Mediante el ERP, se pretenden obtener los inputs del proceso de cálculo de lotes para las

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

referencias en el cálculo de los stocks mínimo y máximo	referencias escogidas en el análisis ABC para los distintos tipos de máquina. Estos inputs son el ritmo de producción de piezas por hora, unidades de producto por unidad de embalaje, tiempo de cambio de lote, coste unitario pieza, la capacidad a utilizar y las unidades monetarias que se quieren almacenar.
2.5. Aplicar la teoría de cálculo de lotes para cada máquina	Después de haber obtenido los distintos datos de entrada para las distintas máquinas, se procede a introducir dichos datos en la hoja Excel para tener calculados los stocks mínimos y máximos de cada referencia para cada máquina.
2.6. Redimensionado de almacén de producto terminado	Los nuevos stocks máximos generan una nueva limitación del almacén del producto terminado, por lo que será posible un redimensionado y una mejor organización de este.
2.7. Presentación de alternativas a la dirección y toma de decisión	Generación de alternativas del layout de producto terminado a la dirección con sus pros y sus contras para luego tomar una decisión que se traduzca en una mejor organización y el establecimiento de un procedimiento a la hora de planificar la producción.
2.8. Ejecución de la nueva propuesta: despejar la zona de producto acabado	El primer paso para redistribuir el almacén es despejar el terreno donde va a ir ubicado el nuevo almacén
2.9. Delimitar la zona	Pintar la nueva distribución del suelo
2.10. Colocar los productos según la nueva disposición	El carretillero u operario de la organización colocará los productos en su nueva ubicación
2.11. Formación a operarios logísticos	Imprimir nuevos layouts e instrucciones, sobre todo para los operarios logísticos, para que sean conscientes de la nueva ubicación de los productos de la compañía.

Tabla 43. Listado de tareas para realizar en la mejora del proceso de planificación de producción (Fuente: Elaboración propia)

Por último, en la tabla 44, se pueden observar las distintas tareas que compondrán la tercera mejora que se realizará en el presente proyecto, la disminución del tiempo de cambio de lote en la máquina 41.

PROPUESTA	TAREAS	DESCRIPCIÓN
<b>3. SMED</b>	3.1. Definir la máquina donde es prioritario aplicar la metodología	Después de analizar las diferentes prensas, escoger aquella que tiene una mayor carga de trabajo para reducir el tiempo de cambio de lote.
	3.2. Análisis de la situación actual	Grabación en vídeo del proceso de cambio de lote con el fin de poder observar con detalle todo el proceso
	3.3. Separar las diferentes tareas	Del vídeo grabado en la tarea anterior, descomponer las diferentes tareas de los diferentes personajes que intervienen en el cambio de lote.

3.4. Separar la preparación interna de la externa	De las tareas anteriormente diferenciadas, clasificar en preparación interna y externa.
3.5. Conversión de la preparación interna en externa	De las tareas que hayan resultado ser internas, tratar de externalizarlas.
3.6. Perfeccionamiento de operaciones elementales.	Mejorar el tiempo de las operaciones, sobre todo las internas.
3.7. Estandarizar el nuevo concepto	Realizar una nueva hoja estándar de operaciones.

Tabla 44. Listado de tareas necesarias para la aplicación de la técnica SMED (Fuente: Elaboración propia)

### 6.2.2 Recursos y responsables.

Después de haber listado las diferentes tareas a realizar para la consecución de las mejoras, ahora toca enumerar los recursos para cada una de las fases de las acciones a realizar.

En primer lugar, se listan las horas, recursos informáticos y necesidades para realizar la herramienta que mejore la pedida de material en la empresa, además de los responsables, como se puede apreciar en la tabla.

PROPUESTA	TAREA	RECURSOS	RESPONSABLES
<b>1.1. HERRAMIENTA DE PEDIDO DE MATERIAL</b>	1.1.1. Realizar inventario de materia prima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8h ingeniero</li> <li>• Metro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	1.1.2. Listar los materiales encontrados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4h ingeniero</li> <li>• Microsoft Excel</li> <li>• Ordenador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	1.1.3. Clasificar materiales según proveedor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4h ingeniero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	1.1.4. Fijar un punto de pedido de material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reunión jefe de producción, ingeniero y dirección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jefe de producción</li> </ul>
	1.1.5. Diseño de herramienta Excel de pedido de material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 80h ingeniero</li> <li>• Microsoft Excel</li> <li>• Ordenador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>

Tabla 45. Recursos y responsables para realizar la herramienta de pedido de material (Fuente: Elaboración propia)

En la tabla 46, se describen los recursos para llevar a cabo el rediseño de layout de materia prima. Además de horas de ingeniero para realizar el diseño y licencia de Autocad, si se quiere que se lleve a cabo, también serán necesarias horas de operario o mano de obra subcontratada para realizar todo el desplazamiento de materiales.

PROPUESTA	TAREAS	RECURSOS	RESPONSABLES
<b>1.2. REDISEÑO DE LAYOUT DE MATERIA PRIMA EXISTENTE</b>	1.2.1. Definir con la dirección si es necesario un cambio en la disposición de la materia prima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reunión jefe de producción, ingeniero y dirección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirección</li> </ul>

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

1.2.2. Elaboración de alternativas para la nueva disposición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 80 h ingeniero</li> <li>• AutoCAD</li> <li>• Layout planta</li> <li>• Ordenador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
1.2.3. Toma de decisión definitiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reunión jefe de producción, ingeniero y dirección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirección</li> </ul>
1.2.4. Despejar la zona del nuevo emplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 h carretillero</li> <li>• 16 h ingeniero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> <li>• Jefe de producción</li> </ul>
1.2.5. Pintar el suelo para la colocación de las bobinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 litros pintura</li> <li>• 16 h operario de pintura</li> <li>• 16 h ingeniero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> <li>• Jefe de producción</li> </ul>
1.2.6. Colocar las bobinas en su nuevo emplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 h carretillero</li> <li>• 24 h ingeniero</li> <li>• Carretilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> <li>• Jefe de producción</li> </ul>
1.2.7. Formación a los operarios sobre la nueva disposición del material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 h operarios logísticos</li> <li>• 2 h ingeniero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>

Tabla 46. Recursos y responsables para realizar el rediseño de layout de materia prima (Fuente: Elaboración propia)

Se sigue con el mismo procedimiento para la mejora del proceso de planificación de producción, donde en la tabla 47 se plasman los recursos necesarios para las tareas, además de los responsables de las mismas.

PROPUESTA	TAREAS	RECURSOS	RESPONSABLES
<b>2. MEJORA DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN</b>	2.1. Realizar análisis ABC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 h ingeniero</li> <li>• Microsoft Excel</li> <li>• Licencia ERP</li> <li>• Ordenador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	2.2. Clasificar los productos tipo A en función de la máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 h ingeniero</li> <li>• Microsoft Excel</li> <li>• Ordenador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	2.3. Construir una Excel con la teoría de cálculo de lotes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 80 h ingeniero</li> <li>• Teoría cálculo de lotes</li> <li>• Microsoft Excel</li> <li>• Ordenador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	2.4. Obtención de los inputs necesarios de las referencias en el cálculo de los stocks mínimo y máximo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 80 h ingeniero</li> <li>• Microsoft Excel</li> <li>• Licencia ERP</li> <li>• Ordenador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	2.5. Aplicar la teoría de cálculo de lotes para cada máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 h ingeniero</li> <li>• Microsoft Excel</li> <li>• Ordenador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	2.6. Redimensionado de almacén de producto terminado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 80 h ingeniero</li> <li>• AutoCAD</li> <li>• Layout planta</li> <li>• Ordenador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

2.7. Presentación de alternativas a la dirección y toma de decisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reunión entre la dirección, ingeniero y jefe de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirección</li> <li>• Jefe de producción</li> </ul>
2.8. Ejecución de la nueva propuesta: despejar la zona de producto acabado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 h carretillero</li> <li>• 16 h ingeniero de producción</li> <li>• Carretilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
2.9. Delimitar la zona	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 litros pintura</li> <li>• 16 h operario de pintura</li> <li>• 16 h ingeniero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
2.10. Colocar los productos según la nueva disposición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 h carretillero</li> <li>• 16 h ingeniero de producción</li> <li>• Carretilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
2.11. Formación a operarios logísticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 h ingeniero</li> <li>• 2 h operarios logísticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>

Tabla 47. Recursos y responsables para realizar la mejora en el proceso de planificación de producción (Fuente: Elaboración propia)

Por último, en la tabla 48, se describen los recursos destinados a realizar el SMED en la máquina 41. Como se puede apreciar, no son necesarios recursos físicos, sino que con análisis de ingeniero y colaboración de los operarios de prensa y logístico será suficiente.

PROPUESTA	TAREAS	RECURSOS	RESPONSABLES
<b>3. SMED</b>	3.1. Definir la máquina donde es prioritario aplicar la metodología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 h ingeniero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	3.2. Análisis de la situación actual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 h ingeniero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	3.3. Separar las diferentes tareas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 h ingeniero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	3.4. Separar la preparación interna de la externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 h ingeniero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	3.5. Conversión de la preparación interna en externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 h ingeniero</li> <li>• 4 h operario de prensa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	3.6. Perfeccionamiento de operaciones elementales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 h ingeniero</li> <li>• 4 h operario de prensa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	3.7. Estandarizar el nuevo concepto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 h ingeniero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>
	3.8. Formación de operarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 h ingeniero</li> <li>• 4 h operario de prensa</li> <li>• 4 h operario logístico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero</li> </ul>

Tabla 48 Recursos y responsables para realizar la mejora consistente en la aplicación de la técnica SMED (Fuente: Elaboración propia)

### 6.2.3 Diagrama de Gantt de las fases de implantación.

Después de haber descrito las tareas y haber especificado qué recursos son necesarios y los responsables de las mismas, en el presente subapartado se muestran los diagramas de Gantt correspondientes a las tareas que dan lugar a las acciones de mejora descritas anteriormente.

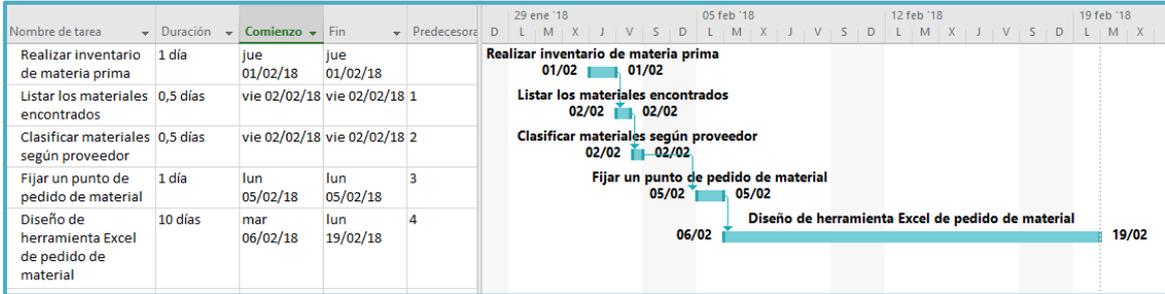


Ilustración 31. Diagrama de Gantt mejora 1.1 (Fuente: Elaboración propia)

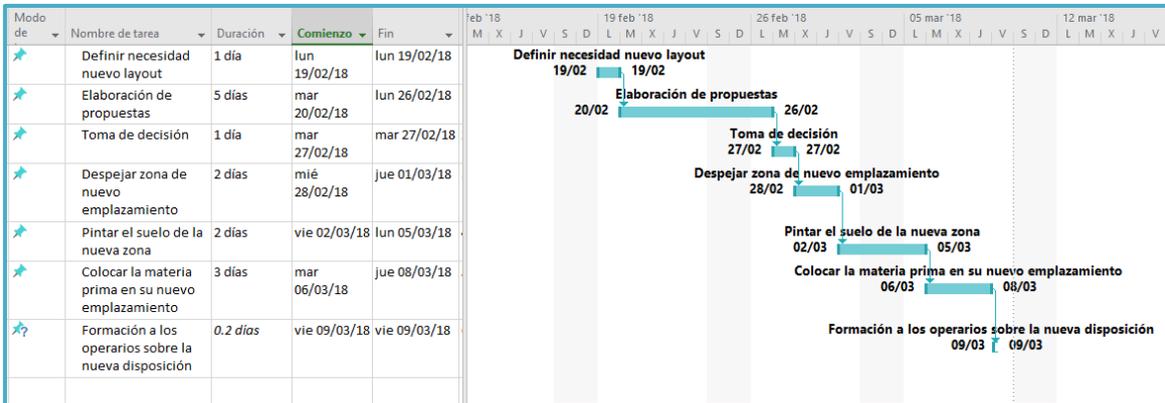


Ilustración 32. Diagrama de Gantt mejora 1.2 (Fuente: Elaboración propia)

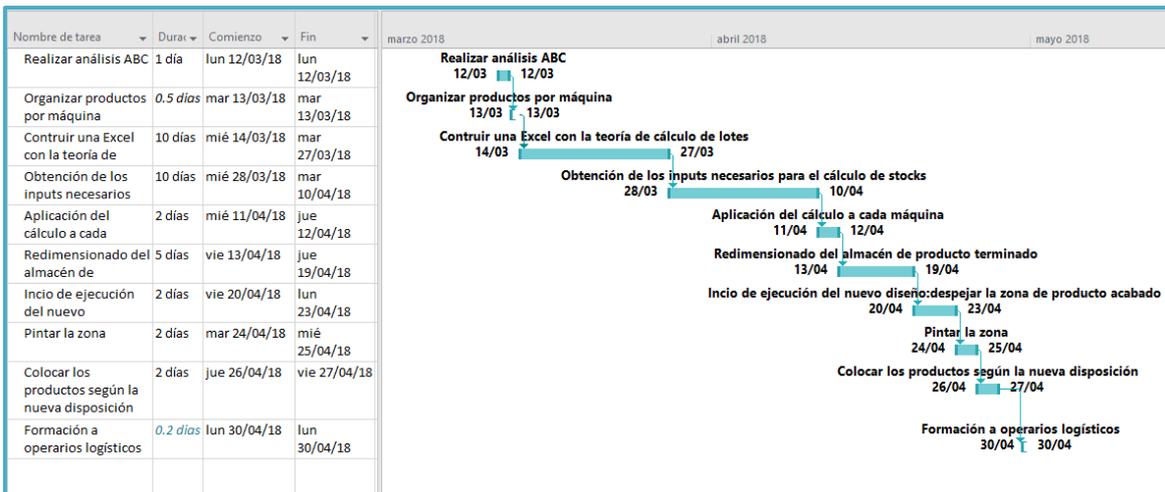


Ilustración 33. Diagrama de Gantt mejora 2 (Fuente: Elaboración propia)

## ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

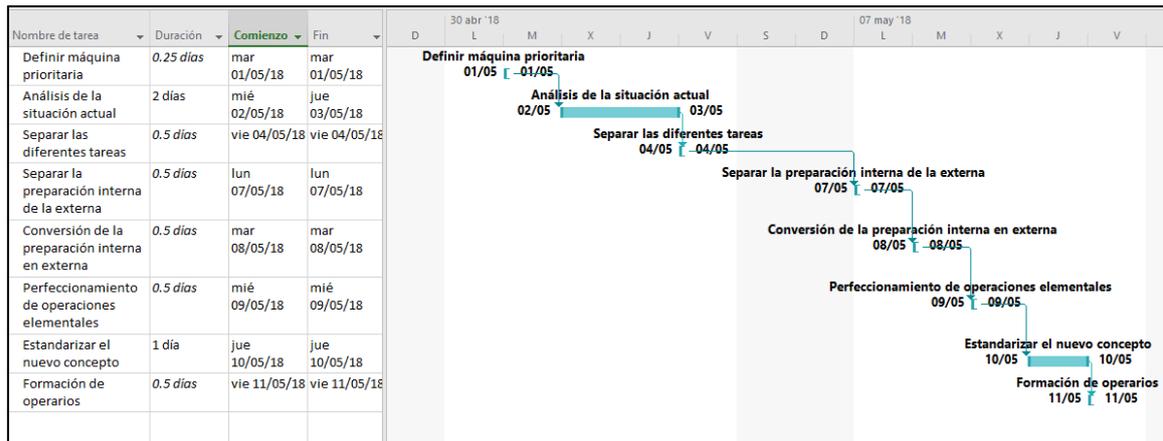


Ilustración 34. Diagrama de Gantt mejora 3 (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en las ilustraciones anteriores, donde se plasma con diagramas de Gantt la duración de las distintas mejoras, se ve que la mejora 1.1 se prolongaría en el tiempo 19 día, lo mismo que la 1.2., con lo que las acciones correspondientes al pedido de material se prolongarían un mes antes de ponerse en funcionamiento.

Por otra parte, la mejora 2, correspondiente a la mejora en el proceso de planificación de la producción y rediseño de los layouts, llevaría algo más de tiempo, alrededor de un mes y medio, ya que es relativamente costoso tanto el diseño de la Excel para implementar una teoría de cálculo de lotes como la obtención de los inputs necesarios para que la mejora pueda acometerse con éxito.

Por último, se tiene la mejora 3, correspondiente a la reducción del tiempo de cambio de lote mediante la técnica SMED, que en este caso tendrá una duración total de 10 días.

Con todo esto, se obtiene que, en global, la duración del proyecto completo en Matrices Alcántara sería de alrededor de tres meses, aunque ya se sabe que en todo proyecto surgen inconvenientes durante la realización de las tareas difíciles de predecir que puede hacer que se retrase la ejecución de los trabajos.

### 6.3 Presupuesto

#### 6.3.1 Introducción

Después de haber enumerado las diferentes tareas para llevar a cabo las mejoras descritas anteriormente y, haber listado los recursos necesarios, se procede al cálculo del presupuesto del proyecto. Dicho presupuesto se dividirá en dos categorías, el coste destinado a la mano de obra y aquel destinado a los materiales necesarios.

#### 6.3.2 Mano de obra.

En cuanto al coste de la mano de obra, como se puede apreciar en la tabla 49, la mayor parte del presupuesto va destinado a las horas de ingeniería, siendo estas 540 horas. Además, también serán necesarias bastantes horas de operario logístico, que será el encargado de trasladar los materiales para los cambios en la distribución en planta y, además, será necesaria su colaboración para disminuir el tiempo de cambio de lote en la máquina 41. Por este mismo motivo, también son necesarios 12 horas de operario de prensa. Para finalizar, será necesario pintar las nuevas

líneas de la distribución en planta, por lo que será indispensable un operario que realice dicho trabajo.

<b>RECURSO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO/UNIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
Horas ingeniero	540	25 €/hora	13.500 €
Horas operario logístico	72	10 €/hora	720 €
Horas operario de prensa	12	10 €/hora	120 €
Horas operario de pintura	32	10 €/hora	320 €
<b>TOTAL SIN IVA</b>			<b>14.660 €</b>
<b>TOTAL CON IVA</b>			<b>17.739 €</b>

Tabla 49. Presupuesto de mano de obra (Fuente: Elaboración propia)

### 6.3.3 Materiales.

A continuación, se presenta el presupuesto destinado a los materiales. La partida más costosa es la destinada a la pintura, ya que se necesitan 50 litros de pintura para poder marcar las redistribuciones en planta. Además de eso habrá que contar con rodillos para realizar el trabajo. Si no se quiere parar la planta de Matrices Alcántara, también será necesaria una carretilla para realizar el movimiento de materiales en los cambios de distribución en planta. Para el estudio del proceso de planificación será necesario contar con una licencia ERP además de un ordenador con lo que llevarlo a cabo, y para el diseño del layout, al menos habrá que contar con una licencia de Autocad.

<b>RECURSO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO/UNIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
50 Litros pintura	50	13.15 €/litro	6.575 €
Rodillos para pintar	4	10 €/rodillo	40 €
Carretilla	1	4000 €/carretilla	4000 €
Licencia CAD	1	2000 €/año	2000 €
Licencia ERP	1	3000 €/año	3000 €
Ordenador	1	600 €/unidad	600 €
<b>TOTAL SIN IVA</b>			<b>16.215 €</b>
<b>TOTAL CON IVA</b>			<b>19.620 €</b>

Tabla 50. Presupuesto de materiales (Fuente: Elaboración propia)

### 6.3.4 Resumen del presupuesto.

Sumando las cantidades de los presupuestos de mano de obra y materiales e incluyendo gastos generales de un 7%, se obtiene que el coste total del proyecto asciende a 39.974€.

<b>RECURSO</b>	<b>TOTAL</b>
Mano de obra	17.739 €
Materiales	19.620 €
Gastos generales	2.615 €
<b>TOTAL</b>	<b>39.974€</b>

Tabla 51. Resumen del presupuesto (Fuente: Elaboración propia)

## 6.4 Conclusiones

En el presente apartado se ha planificado la ejecución de las mejoras definidas en el capítulo 5 del proyecto.

En primer lugar, se han listado y explicado las diferentes tareas necesarias para llevar a cabo la ejecución de las acciones. Después, a esas tareas, se las han asignado una serie de recursos para que sean llevadas a cabo y un responsable de las mismas. Con todo esto, se ha pasado a establecer un tiempo de ejecución para llevar a cabo cada una de las tres acciones. Por último, con los presupuestos parciales, tanto de mano de obra como de materia prima, se ha calculado el presupuesto de todo el proyecto, valorado en unos 40.000 €.

Cada uno de los tres próximos capítulos, estarán destinados a explicar con más detalle cada una de las acciones de mejora definidas como prioritarias, exponiendo los cambios que suponen en el proceso, las diferencias en las distribuciones en planta, las diferencias en los sistemas de información o la ventaja que suponen en el proceso de producción.

## **7 Mejora del proceso de pedido de material y rediseño del layout de materia prima**

### **7.1 Introducción**

En el apartado de incidencias se han detallado diferentes problemas relacionados con la materia prima, como pueden ser; la falta de material para la producción, la ausencia de espacio en el almacén de materia prima comprometiendo la seguridad de los trabajadores, problemas para encontrar materiales o la infrutilización de una nave contigua al recinto principal de Matrices Alcántara.

Pues bien, con estas acciones se pretenden paliar los problemas descritos anteriormente. Se quiere introducir una herramienta Excel de pedido de material que mejorará la planificación de materia prima de manera que la empresa no llegue a la situación de no poder satisfacer la demanda del cliente por no contar con las bobinas necesarias. Para ello, se realizará un inventario para conocer con exactitud cuál es el material del que dispone la organización, se listarán dichas bobinas y se realizará la herramienta en base a la necesidad que haya en semanas venideras calculado con las previsiones de demanda a través de la plataforma EDI con las que cuenta la compañía.

Para solucionar los problemas de espacio y de orden en el almacén, se realizará un rediseño de la distribución en planta y se sopesará dónde debe alojarse dicha distribución. Todo ello generará cambios en los procesos, tanto de pedido de material para el planificador de producción como en los movimientos de los lógicos, que serán descritos en este apartado.

### **7.2 Diseño de nueva herramienta de pedido de material**

#### **7.2.1 Introducción de la mejora**

Uno de los mayores problemas existentes en la compañía está relacionado con la materia prima. En ocasiones, no hay suficiente material en la fábrica como para producir lo que demanda el cliente en tiempo, a la vez que el almacén donde se alojan las diferentes bobinas está saturado y no se pueden colocar más bobinas. Además de esto, cuando se ha ido a planificar la producción, el ERP plasmaba una cantidad de material que no se correspondía con la realidad de la planta, con lo que, antes de nada, se hace necesario realizar un inventario para actualizar las cantidades de stock de material de Matrices Alcántara y, a partir de ahí, definir un método de planificación de material para tener una cantidad controlada de bobinas.

#### **7.2.2 Inventario, listado de materiales y clasificación según proveedor**

Como se ha comprobado por experiencia propia que los datos en cuanto a materia prima que aporta el ERP de la empresa no son del todo fiables, ya que no se realizan inventarios con asiduidad, el primer paso a realizar será, precisamente, un inventario de toda la materia prima que exista en la planta. Después de esto, se listarán todos los materiales encontrados, y se corregirán los datos de kilogramos existentes de material en el ERP, de manera que cuando se compre o se fichen órdenes de producción realizadas, se calcule el material restante sobre una base que se sabe veraz.

### 7.2.3 Diseño de herramienta Excel

Después de realizar el inventario correspondiente y disponer de la lista de los materiales existentes en la planta, se procede al diseño de la herramienta Excel para mejorar el proceso de planificación de materia prima.

La herramienta constará de tres hojas que alimentan a una hoja central que será la que suministrará la información deseada. La primera de estas es una previsión de demanda a tres meses vista que llega a la empresa a través de EDI, de manera que, para la solución que se propone deberá descargarse un archivo csv, proporcionado por el cliente, y generar una tabla dinámica como la que aparece en la ilustración 35 para que pueda servir de base a la hoja central. En la ilustración se puede ver que, en la primera columna está plasmada la referencia que será pedida en el futuro y, en las columnas posteriores, la cantidad de dicha referencia en la fecha indicada.

Suma de Cantidad	Rótulos de columna							
Rótulos de fila	30/07/2018	05/08/2018	06/08/2018	13/08/2018	20/08/2018	27/08/2018	03/09/2018	10/09/2018
70005747				600			300	300
70005751					300		300	300
70006314	1500	1500	2500	1500	500	1500	1500	1500
70007201			158			120	40	60
70007235	3868	7252	3416	3276			3584	3836
70007327				995				
70008275				961				
70008990								
82013990			1500	3000			3000	1500
82024873								
82054569				1000	500	1000	500	500
82054581					500	1000	1000	1000
82054800			3000	3000	1500	1500	3000	3000
82061284							1800	
82062296			4000	4000	2000	4000	4000	4000
82068719							3	
82094804			1000				1000	
82094810			1000				1000	
82097567		700	1750	2450	1750	2100	2100	
82097708		500	500	750	750	500	750	
82102707	1000		1200		1000	600	600	
82105616							200	

Ilustración 35. Ejemplo de previsión de demanda (Fuente: Elaboración propia)

La segunda hoja necesaria para que la herramienta de planificación funcione es el stock de materia prima disponible. Esta información se obtiene a través del ERP de la misma forma que en la anterior situación, descargando un archivo csv que utilizaremos para alimentar la hoja final. Como se puede observar, la primera columna está relacionada con el material en cuestión, cuya denominación está sacada directamente del ERP. La segunda columna corresponde con el stock actual en planta y la tercera es material en proceso, que aquí se refiere a la suma del stock existente y los pedidos que hay en camino.

ARTÍCULO	STOCK ACTUAL	PROCESO
FLE1193DEC	0	0
FLE12115ALU	0	0
FLE12115DEC	0	0
FLE1212ALU	0	0
FLE1215114509	1.956,74	1.957
FLE1222DEC	0	0
FLE1232ALU	1.908,45	1.908
FLE1233GAL	0	0
FLE12415ALPUN	539	539
FLE12415ALU	-932,86	-933
FLE12425INOX	597,21	897
FLE1242GAL	0	0
FLE1242INOX	254	254
FLE124X2.5DEC	755,76	756
FLE12501514301	0	0
FLE125114509	0	0
FLE1251214510	0,14	0
FLE12515DEC	0	0
FLE1254DEC	0	0
FLE1262DEC	0	0
FLE127214509	2.025,35	2.025

Ilustración 36. Ejemplo de informe de stock obtenido mediante el ERP (Fuente: Elaboración propia)

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

Por último, se tiene un tercer Excel, alimentado por el correspondiente a la previsión de demanda. En el mismo, aparecen las referencias de Matrices Alcántara y el peso por pieza correspondiente. La función de este paso intermedio es calcular la demanda del horizonte de planificación en kilogramos de material y no en cantidad de piezas.

LISTA DE MATERIALES			PIEZAS POR SEMANA							KG POR SEMANA						
	Semana		31	32	33	34	35	36	37	31	32	33	34	35	36	37
SAP	PESO (KG)		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
82105615	1,348	FLE3331214510	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82187416	0,489	FLE3301214512	0	0	0	1500	1500	1500	1000	0	0	0	734	734	734	489
82234950	0,489	FLE3301214512	0	0	0	0	700	0	0	0	0	0	0	343	0	0
82218962	0,489	FLE3301214512	0	0	0	0	700	0	700	0	0	0	0	343	0	343
82365746	0,489	FLE3301214512	400	0	0	0	200	0	0	196	0	0	0	98	0	0
82365748	0,489	FLE3301214512	456	0	0	0	200	0	0	223	0	0	0	98	0	0
82370303	0,489	FLE3301214512	0	0	1000	0	500	1000	500	0	0	489	0	245	489	245
82370304	0,489	FLE3301214512	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	489	0	0	0	0
82370305	0,489	FLE3301214512	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	489	0	0	0	0
82374466	0,489	FLE3301214512	0	0	1000	0	0	1000	0	0	0	489	0	0	489	0
82374467	0,489	FLE3301214512	0	0	1000	0	0	1000	0	0	0	489	0	0	489	0
82374468	0,489	FLE3301214512	0	0	1000	0	0	1000	0	0	0	489	0	0	489	0
70004909	0,489	FLE3301214512	0	0	0	500	0	1500	500	0	0	0	245	0	734	245

Ilustración 37. Tabla de cálculo de peso de la demanda (Fuente: Elaboración propia)

Todo esto desencadena en la herramienta final, que proporciona la información necesaria para cumplir el objetivo de controlar el flujo de materia prima en Matrices Alcántara. En ella aparecen la calidad, ancho y espesor que definen el material, el proveedor al que habrá que dirigirse para realizar órdenes de compra, el stock cargado de la segunda hoja expuesta y la demanda en kilogramos para las próximas semanas. Dicha cantidad de material se calcula fácilmente utilizando la fórmula SUMAR.SI del programa Excel extrayendo los datos de la hoja de cálculo de pesos explicada anteriormente.

Con todo esto expuesto, queda por fijar una semana límite hasta donde sumar la cantidad de kilogramos de material a pedir. En este caso, se concretó con el jefe de producción que lo adecuado sería contar cinco semanas desde la actual, es decir, se sumarían todos los kilogramos necesarios desde la actualidad hasta las cinco semanas próximas y, teniendo en cuenta que la materia prima tarda en llegar a la empresa unas dos semanas, habrá un stock en la planta de aproximadamente tres semanas para hacer frente a las demandas inesperadas que se puedan ocasionar por parte del cliente.

Con dicha herramienta se pretende que se pueda apreciar qué material está ya en camino y hasta qué fecha se cubriría sumando el stock disponible y la cantidad pedida al proveedor. Para resolver esto, se fijó un sistema que realizase dicho cálculo y siguiese el siguiente sistema de colores:

- Las celdas sin colorear cubren el período con el que la empresa sería capaz de cubrir demanda solamente con el stock disponible en planta en el momento en que se realice la consulta.
- Las celdas con color amarillo cubren el período con el que la empresa sería capaz de cubrir la demanda sumando el stock actual y el material que ya se ha pedido.
- Las celdas con color rojo indican que en esa semana no sería posible cumplir la demanda que exige el cliente ni aun sumando el stock existente y el material que ya se ha pedido.

Con todo esto, el aspecto visual que presenta la herramienta de planificación de pedido de material viene reflejada en la ilustración 38.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

FELEJE	PROVEEDOR	STOCK (KG)	MATERIAL A PEDIR	SEMANA 31	SEMANA 32	SEMANA 33	SEMANA 34	SEMANA 35	SEMANA 36	SEMANA 37
FECHA SEMANA				30/07/2018	06/08/2018	13/08/2018	20/08/2018	27/08/2018	03/09/2018	10/09/2018
1,4510-333x1,2	Aperam	1670	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4510-330x1,2	Aperam	4678	0	0	0	0	21	0	0	0
1,4512-333x1,2	Thyssen	4217	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4512-330x1,2	Thyssen	1138	0	419	0	2934	979	1861	3424	1322
1,4509-333x1,2	Aperam	61	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4510-325x1,2	Aperam	8351	0	0	0	0	1188	2372	2377	2372
1,4510-330x0,7	Acerinox	2024	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4510-330x0,8	Acerinox	38	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4509-325x1	Aperam	927	0	239	0	988	0	198	988	0
1,4510-302x1,2	Aperam	2090	0	0	0	0	0	0	275	0
1,4512-357x1,5	Aperam	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4510-357x1,2	Aperam	3509	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4512-357x1,2	Thyssen	1304	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4509-213x1,2	Aperam	1063	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4509-193x1,2	Aperam	28	406,552572	0	0	0	0	0	0	0
1,4512-190x1,2	Thyssen	1662	0	0	17	0	0	0	0	0
1,4512-213x1,2	Thyssen	579	0	0	0	44	0	0	0	0
1,4509-105x1,5	Aperam	516	0	0	0	0	186	124	76	124
1,4509-95x1,5	Aperam	578	0	0	0	0	200	126	65	126
1,4509-50x1,5	Aperam	1577	0	0	0	0	89	56	23	56
1,4510-193x1,2	Aperam	717	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4509-467x1	Aperam	3282,6	0	6042	3024	3346	4061	6772	5940	4898
1,4509-467x1	Acerinox	2188,4	0	4028	2016	2230	2707	4515	3960	3266
1,4509-428x1	Aperam	1059	0	3323	3323	2417	3324	5288	4531	4682
1,4509-428x1	Acerinox	706	0	2216	2216	1612	2216	3626	3020	3021
1,4510-242x1,2	Aperam	5706	0	0	336	448	1792	560	448	784

Ilustración 38. Herramienta de pedido de material (Fuente: Elaboración propia)

### 7.2.4 Cambio en el proceso de planificación de pedido de material

Anteriormente, no existía un criterio fijo a la hora de planificar el pedido de materiales, es decir, cuando se apreciaba que no quedaba mucho material de algún tipo, se pedía al proveedor, pero sin ningún tipo de cuantificación. Con esta implementación, se establece un criterio fijo de stock de materia prima, se sabe cuánto material pedir y, además, en el caso en que la demanda varíe, hay tiempo para poder reaccionar y pedir material en tiempo suficiente como para poder abastecer la demanda al cliente.

El nuevo proceso que ejecutará el planificador de producción será el siguiente. Cuando llegue la demanda por parte del cliente, cargará los datos en la herramienta de planificación y comprobará, si en el período de las próximas cinco semanas, ese material está en planta o está en camino. Si es así, pasará a comprobar el siguiente tipo de materia prima y en caso de que con lo existente o lo que haya en camino no sea suficiente, se hará un pedido al proveedor correspondiente. Con este procedimiento, y realizando inventarios de forma periódica para asegurarse de que la cantidad de materia prima existente en Matrices Alcántara, se solucionarán los problemas relativos a la falta de materia prima o al exceso de la misma, siendo también ventajoso en los niveles de inventario que se tengan.

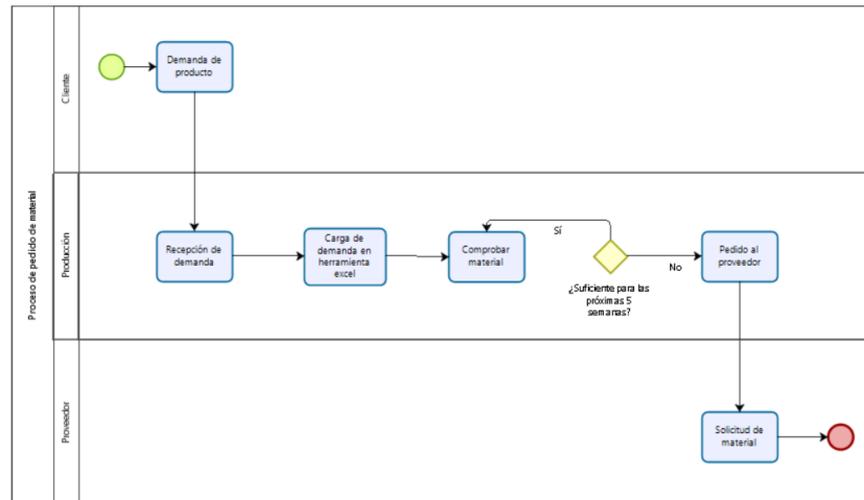


Ilustración 39. Nuevo proceso de planificación de pedido de material (Fuente: Elaboración propia)

## 7.3 Rediseño del layout

### 7.3.1 Introducción de la mejora

Una vez mejorada la planificación de pedido de materiales, se propone un rediseño del layout de materia prima. Los problemas iniciales sobre los que se parte son que, en determinados momentos, los logísticos no tienen espacio donde dejar las bobinas que llegan por parte de los proveedores generando, además de desorganización en la planta y pérdida de tiempo a los logísticos internos a la hora de preparar los cambios de lote, problemas de seguridad debido a que la cantidad de materia prima a apilar es demasiado alta. Además de eso, se puede apreciar que algunas filas del actual layout están muy saturadas de material y otras prácticamente vacías, dando la sensación de que no hay un análisis en cuanto al consumo de material que dé como resultado una distribución lógica y equilibrada, por lo que en este apartado se pretenderá encontrar una solución a este problema.

### 7.3.2 Generación de Alternativas

La actual disposición de la materia prima en Matrices Alcántara está en la nave principal, junto al almacén de producto terminado, como se puede ver en la siguiente imagen (se puede ver con más detalle en el anexo v, concretamente en el plano 2).

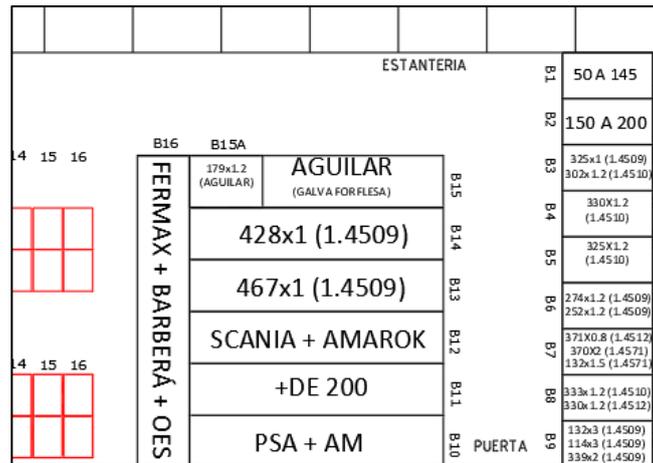


Ilustración 40. Layout de materia prima de Matrices Alcántara (Fuente: Matrices Alcántara)

Hay diferentes criterios en la ordenación de los materiales. En la parte derecha, (de B1 a B9), todo el material es destinado para la fabricación de piezas con destino Tenneco, el principal cliente de la empresa. Debido a que en principio no hay gran demanda, en las casillas B1 y B2 se agrupan materiales según su ancho, estando en B1 las bobinas que van desde los 50 hasta los 145 mm. Lo mismo sucede con la ubicación B2, donde se alojan las bobinas entre 150 y 200 mm. De los lugares B3 a B9 la disposición en planta indicada es más concreta y determina materiales más utilizados definiendo espesor, ancho y calidad.

En la parte izquierda, la organización se hace mediante clientes, a excepción de las zonas B13 y B14, que son materiales muy utilizados para suministrar piezas a Tenneco. Todo esto se puede apreciar mejor en el Plano 1, al final del presente documento.

Conociendo la situación actual, se pretende saber cuál es la mejor ubicación para alojar un nuevo layout. Tres son las alternativas planteadas. La primera de ellas, consiste en la ampliación del espacio disponible en la actual ubicación, de manera que los logísticos tienen las prensas cerca, y para ellos será más rápido el cambio de bobinas. En la segunda alternativa el espacio sería el mismo que el actual, ya que con la herramienta de planificación de material se pretende bajar en su mayoría el nivel de inventario, y sólo sufriría una reestructuración, equilibrando el nivel del almacén. Y la tercera y última consiste en trasladar toda la materia prima hasta la nave contigua de la empresa, realizando allí 5S.

Dónde ubicar la materia prima
1. Ampliar espacio nave principal
2. Nave principal actual
3. Nave secundaria

Tabla 52. Cuadro resumen de ubicación final del layout correspondiente a la materia prima (Fuente: Elaboración propia)

En el próximo apartado, a través del método de decisión AHP, se elegirá cuál es la mejor alternativa para los intereses de la empresa.

### 7.3.3 Selección de Estado Futuro

Después de haber definido las diferentes alternativas, se procede a tomar la mejor decisión para la organización. Para ello, se aplicará AHP con dos criterios diferentes. El primero y más importante será el espacio disponible donde alojar las bobinas, y el segundo tratará sobre la distancia que deban recorrer los carretilleros para trasladar la materia prima desde su ubicación a las prensas. El coste se ha desestimado en esta ocasión ya que no se requiere una gran inversión para realizar dichas acciones.

1.ESPACIO DISPONIBLE				
	Ampliar nave principal	Nave principal	Nave secundaria	
Ampliar nave principal	1,00	3,00	0,33	
Nave principal	0,33	1,00	0,14	
Nave secundaria	3,00	7,00	1,00	
Suma	4,33	11,00	1,48	
Matriz normalizada				Media geométrica
Ampliar nave principal	0,23	0,27	0,23	0,24
Nave principal	0,08	0,09	0,10	0,09
Nave secundaria	0,69	0,64	0,68	0,67

Tabla 53. Criterio 1 AHP, espacio disponible (Fuente: Elaboración propia)

En la tabla anterior se presenta el primer criterio, el espacio disponible para alojar la materia prima. Se aprecia que, una hipotética ampliación del espacio de bobinas en la nave principal, sería más ventajoso que lo que existe actualmente, pero estaría en clara desventaja a la superficie existente en la nave secundaria, siendo esta la opción más ventajosa donde alojar la nueva disposición de bobinas.

2. DISTANCIA A RECORRER POR LOS CARRETILLEROS				
	Ampliar nave principal	Nave principal	Nave secundaria	
Ampliar nave principal	1,00	0,50	2,00	
Nave principal	2,00	1,00	3,00	
Nave secundaria	0,50	0,33	1,00	
Suma	3,50	1,83	6,00	
Matriz normalizada				Media geométrica
Ampliar nave principal	0,29	0,27	0,33	0,30
Nave principal	0,57	0,55	0,50	0,54
Nave secundaria	0,14	0,18	0,17	0,16

Tabla 54. Criterio 2 AHP, distancia a recorrer por carretilleros (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto al recorrido que deberían realizar los carretilleros de la empresa, la nave secundaria es la que se encuentra más alejada de la zona donde se fabrican las piezas, por lo que parte con desventaja en este criterio respecto a las otras dos alternativas. La disposición de la nave principal actual, es la más cercana de las tres disposiciones a las zonas de trabajo, por lo que, en este criterio, sería la más ventajosa para la organización.

PONDERACIÓN DE CRITERIOS			
	Espacio	Recorrido	
Espacio	1,00	7,00	
Recorrido	0,14	1,00	
Suma	1,14	8,00	
Matriz normalizada			
			Promedio
Espacio	0,88	0,88	0,88
Recorrido	0,13	0,13	0,13

Tabla 55. Ponderación de criterios AHP (Fuente: Elaboración propia)

En la ponderación de criterios, se ha valorado más el espacio disponible, ya que había problemas de seguridad al tener que apilar muchas bobinas, debido a la poca superficie disponible, que, a la distancia recorrida, ya que, aunque los carretilleros tengan que hacer más metros, no supone algo netamente decisivo a la hora de cambiar el layout ya que la extensión total de Matrices Alcántara no es muy grande.

	Espacio	Recorrido	RESULTADO
Ampliar nave principal	0,24	0,30	<b>0,25</b>
Nave principal	0,09	0,54	<b>0,14</b>
Nave secundaria	0,67	0,16	<b>0,61</b>
Ponderación	0,88	0,13	

Tabla 56. Resultado AHP (Fuente: Elaboración propia)

Por tanto, la alternativa que va más alineada con los criterios de la organización para alojar la materia prima sería realizar una nueva distribución en la nave secundaria. En el próximo apartado se explicará el nuevo layout propuesto en Matrices Alcántara donde depositar todas las bobinas.

#### 7.3.4 Diseño del Layout

Después de haber decidido el lugar donde realizar el nuevo diseño de la ubicación de materiales de la planta, se procede a realizar una nueva distribución que acabe con los problemas de espacio de la organización. Para ello, como ya se ha comentado, esta distribución se realizará en la nave secundaria de Matrices Alcántara.

Uno de los principales problemas del layout actual es que, normalmente, hay huecos que están muy saturados, teniendo los logísticos que realizar pilas de bobinas muy altas o depositar en ubicaciones que no se materiales por falta de espacio, y hay otros lugares que están vacíos o con pocas bobinas de manera habitual. Esto en gran parte se debe a que el concepto de organizar la materia prima por proyecto no es del todo eficaz ya que, por ejemplo, el espacio destinado al cliente Fermax es altamente superior que el empleado en bobinas de más de 200 mm de ancho, siendo la demanda de Fermax infinitamente inferior al material a utilizar de más de 200 mm.

Por tanto, se procederá a realizar un análisis en función de la previsión de demanda del material necesario para llevar a cabo la producción en los próximos tres meses.

Con la herramienta de planificación creada anteriormente, se puede observar la cantidad de kg de material que serán necesarios en semanas venideras gracias a la conversión de la demanda de cantidad de material. Con esto, será posible ordenar los mismos en función de la necesidad que haya de ellos.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

El diseño del siguiente layout se realizará con la previsión de demanda existente para un horizonte de doce semanas, lo cual es un tiempo suficientemente largo para saber qué materiales serán más utilizados y cuáles lo serán menos. Cabe destacar que a medida que los proyectos vayan llegando a su final o si entrasen otros nuevos con mucha demanda, sería importante realizar modificaciones en la distribución en planta para perder el menor tiempo posible en el traslado de bobinas.

A partir de ahora, en las siguientes tablas, se muestran todos los materiales existentes en la empresa, ordenados según la demanda que tendrán en las próximas semanas.

Material	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	TOTAL	Nivel
1.4509-467X1	9636	6618	6939	7655	10366	9534	8492	9534	10581	11923	6618	9947	107842	ESPECIAL
1.4509-428X1	6159	6159	5254	6160	8124	7367	7518	7669	9179	7518	6461	7517	85084	ESPECIAL
1.4510 322x0,7	3538	3966	3888	3587	560	3855	3940	2996	2472	4493	2150	3616	39061	1
1.4512 195x0,8	2197	2625	3850	2891	2480	677	2879	2070	1261	3052	1264	2434	27680	1
1.4301 370x1,5	0	955	2227	1591	1909	1909	1909	1591	1591	2227	1591	955	18455	1
1.4512-330x1,2	419	0	2934	979	1861	3424	1322	751	1370	2540	1101	1615	18316	1
1.4571 370X2	767	1917	1151	1726	1726	1342	1917	1534	1534	1534	576	1151	16875	1
1.4510-325X1,2	0	0	0	1186	2372	2377	2372	593	593	3558	1186	1779	16016	1
1.4512 280x3	0	673	1562	1562	1338	2451	1338	1562	1338	1562	673	0	15621	1
1.4509 274x1,2	0	0	1551	1861	931	1551	1551	1241	2171	1241	1861	1551	15510	1
1.4509-339x2	0	0	1783	0	1783	1783	0	1783	1783	5349	0	0	14264	1
1.4509 252x1,2	0	0	1072	1072	762	1352	1072	1072	1352	1072	1383	1072	11283	1

Tabla 57. Materiales nivel 1 (Fuente: Elaboración propia)

En la tabla anterior, se encuentran los materiales más demandados. Hay dos de ellos que destacan por encima del resto, 1.4509-467x1 y 1.4509-428x1, los cuales tienen aproximadamente 108.000 y 85.000 kg de material previsto de demanda en el horizonte de doce semanas respectivamente, por lo que se decide que, estas dos modalidades tengan una fila entera con cuatro huecos disponibles para cada uno, por lo que se les define con una categoría especial, como se puede ver en la tabla 57. El resto de la materia prima, aunque también tiene una alta demanda en todo el periodo, no se acerca a la cantidad antes comentada de los tipos especiales, por lo que se les pondera con un nivel 1. Esto significa que dispondrán de un hueco para ellos solos y en la primera fila de todo el layout para que los logísticos no tengan que mover bobinas a la hora de realizar movimiento de materiales.

Material	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	TOTAL	Nivel
1.4512 371x0,8	0	1132	1414	1076	794	1076	964	446	986	520	786	766	9960	2
1.4510 242X1,2	0	336	448	1792	560	448	784	1344	784	1008	448	784	8736	2
1.4509-224x1	2137	0	0	0	2501	194	188	140	268	2092	178	0	7698	2
1.4509-114X3	0	0	56	1001	967	12	1001	23	1001	3035	0	0	7096	2
1.4512 160x1	0	0	178	363	507	363	890	0	733	704	1092	1206	6036	2
1.4512 320X1	1067	0	693	267	214	161	321	534	640	1067	321	161	5446	2
1.4571 132X1,5	230	524	360	490	524	392	524	458	474	442	196	294	4908	2
1.4512 AL 190x1,2	0	0	118	397	375	397	727	0	573	771	727	0	4085	2
1.4509-212X1	0	0	0	0	0	1000	0	1000	500	500	1000	0	4000	2
1.4509 173X1,5	413	393	40	432	362	275	275	354	328	354	325	333	3884	2

Tabla 58. Materiales nivel 2 (Fuente: Elaboración propia)

En la tabla 58 se han presentado materiales encuadrados en el nivel 2, los siguientes en importancia debido a su demanda. En este caso, los logísticos deberán apartar el material de nivel 1 de la fila correspondiente para poder acceder a esta segunda fila.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

Material	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	TOTAL	Nivel
1.4509-127X2	0	5	5	324	325	407	328	301	376	1753	0	0	3824	3
1.4521-78X2	0	474	590	385	325	385	503	325	120	385	90	150	3732	3
1.4509-325X1	239	0	988	0	198	988	0	16	48	1083	24	48	3632	3
1,4512 165x0,7	11	355	429	273	86	215	414	259	244	414	269	404	3373	3
1.4301 118x3	0	112	359	302	334	368	309	291	304	336	415	200	3330	3
1.4301 206,5x3	183	84	271	228	252	278	233	220	230	254	314	151	2698	3
1.4509-132X3	0	0	231	231	198	264	198	198	231	1089	0	0	2640	3
1.4301 210x1,5	184	184	207	230	253	184	184	184	207	184	276	276	2553	3
1,4509-193X1,2	0	0	132	0	384	0	528	0	488	0	1000	0	2532	3
1,4509-348X1,2	396	0	396	396	0	0	0	396	198	0	198	0	1980	3
1.4509-70X3	0	49	123	172	123	147	147	123	123	711	0	0	1718	3
1,4509 121,5X1	0	0	550	0	0	0	0	550	0	0	550	0	1650	3
1,4509 193X1,5	97	0	73	97	0	0	750	49	49	25	133	322	1595	3
1,4509-235X1,2	0	0	584	0	0	389	0	0	195	0	195	0	1363	3
1,4301 2400x1000x0,5	0	0	0	315	0	0	315	210	105	105	0	210	1260	3
1.4301 136x1,5	0	0	87	118	125	139	97	80	135	115	115	170	1181	3
1,4509 95X1,5	0	0	0	200	126	65	126	200	62	126	65	126	1096	3
1,4509 105X1,5	0	0	0	186	124	76	124	198	50	124	76	124	1082	3
1.4510 189,5x1	0	0	0	308	0	0	0	256	0	0	0	356	920	3
1.4509-69X1,5	0	41	41	62	62	41	62	41	82	246	0	0	678	3

Tabla 59. Materiales nivel 3 (Fuente: Elaboración propia)

En la tabla 59, se observan los materiales de nivel 3. Aquí al ser menos utilizados que los anteriores, cada hueco estará ocupado con dos materiales diferentes ya que el volumen que deberán ocupar en el almacén será menor.

Material	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	TOTAL	Nivel
1,4509-170,5X3	0	0	0	90	68	90	68	68	113	23	68	68	656	4
1.4509-91X3	0	0	21	62	41	82	41	41	62	265	0	0	615	4
1,4509 251X0,8	0	0	0	198	0	0	198	0	0	198	0	0	594	4
1,4509 161X0,8	278	0	0	0	139	0	0	0	139	0	0	0	556	4
1,4512 104x1,2	55	54	7	60	48	40	38	50	48	48	45	42	535	4
1,4509 50X1,5	0	0	0	89	56	23	56	89	34	56	23	56	482	4
1.4301 65x1,5	0	16	52	44	48	52	44	42	44	48	60	30	480	4
1.4509-52X1	0	0	42	42	42	42	21	42	42	189	0	0	462	4
1,4509 185X1	0	218	0	0	0	0	0	0	221	10	0	0	449	4
1.4301 56x1,5	14	10	30	26	29	32	27	24	30	29	35	19	305	4
1,4510-302X1,2	0	0	0	0	0	275	0	0	0	0	0	0	275	4
1,4512 AL 212x0,8	0	0	0	6	0	0	0	65	0	0	0	0	176	4
1.4301 48x1,5	0	6	18	15	16	18	15	14	15	17	20	10	164	4
1,4509 145X1,5	0	0	0	78	0	0	0	0	0	0	0	78	156	4
1,4512-414X1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	107	120	4
1,4509 201X1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	79	0	0	0	79	4
1,4509 305X1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	74	0	0	0	74	4
1,4512-248X1,5	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	4
1,4512-187X1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	57	4
1,4512-213X1,2	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	4
1,4510-330X1,2	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	21	4
1,4512 190X1,2	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	4
1,4512-42X2	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	8	4

Tabla 60. Materiales nivel 4 (Fuente: Elaboración propia)

Por último, en la tabla 60, se presentan los materiales de nivel cuatro, los que estarán más atrás en el almacén debido a que serán utilizados rara vez debido a su escasez de demanda. Aquí irán encasillados cuatro materiales diferentes por hueco, ya que, con una bobina de cada material, sería suficiente para cubrir la demanda correspondiente al horizonte expuesto.

Por lo que la composición del layout queda de la siguiente manera (ilustraciones 41 y 42), pudiéndose observar los niveles de los que se ha hablado durante todo el apartado y la referencia que va asociada en cada hueco, así como la nueva ubicación en la nave secundaria de la empresa. Para poder apreciarlo con más detalle, en el anexo v del proyecto, concretamente en el plano número 4, quedará plasmado todo lo comentado en este apartado.



ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

		PROGRAMACIÓN DIARIA								
		6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
62	ref		82455177	82455197		82455212		82516595		
	cant		1000	1000		4000		1000		
	fleje		FLE32207145	FLE32207145		FLE3220714510		FLE50015145		
	peso		226	226		904		1100		
	tiempo (horas)		1,5	1,5		3		2		
	numero cont		2	2		8		2		
	tipo cont		KIT	KIT		GIBO		KIT		
	KIT		70007235	70007235		NO		82516595		
	matriz		MA00092	MA00092		MA00092		MATRICERÍA		
	stock fleje		7840,86	7840,86		7840,86		1889		

Ilustración 43. Hoja de planificación diaria (Fuente: Elaboración propia)

Después de esto, los logísticos tienen la información necesaria para realizar su trabajo. Para ello, deberán retirar el material sobrante en la casilla de material saliente (1), y llevarla hasta el nuevo almacén (2), colocándolo en su ubicación correspondiente. A continuación, con la hoja suministrada por el planificador de producción, sabrán qué bobinas han de sacar para la producción de la próxima jornada, y es lo que harán, transportándolas desde el almacén (2) hasta la zona de material de entrada a prensas (1). Al día siguiente, cuando entren a producción las referencias establecidas en las hojas, serán los encargados de llevar dichas bobinas en la zona de material entrante (2) hasta los cargadores de las prensas (3). Por último, deberán retirar la materia prima que sale de la prensa, y llevarla a la zona de material saliente (2), para repetir el ciclo explicado diariamente. Todo el proceso se encuentra representado en la ilustración 44.

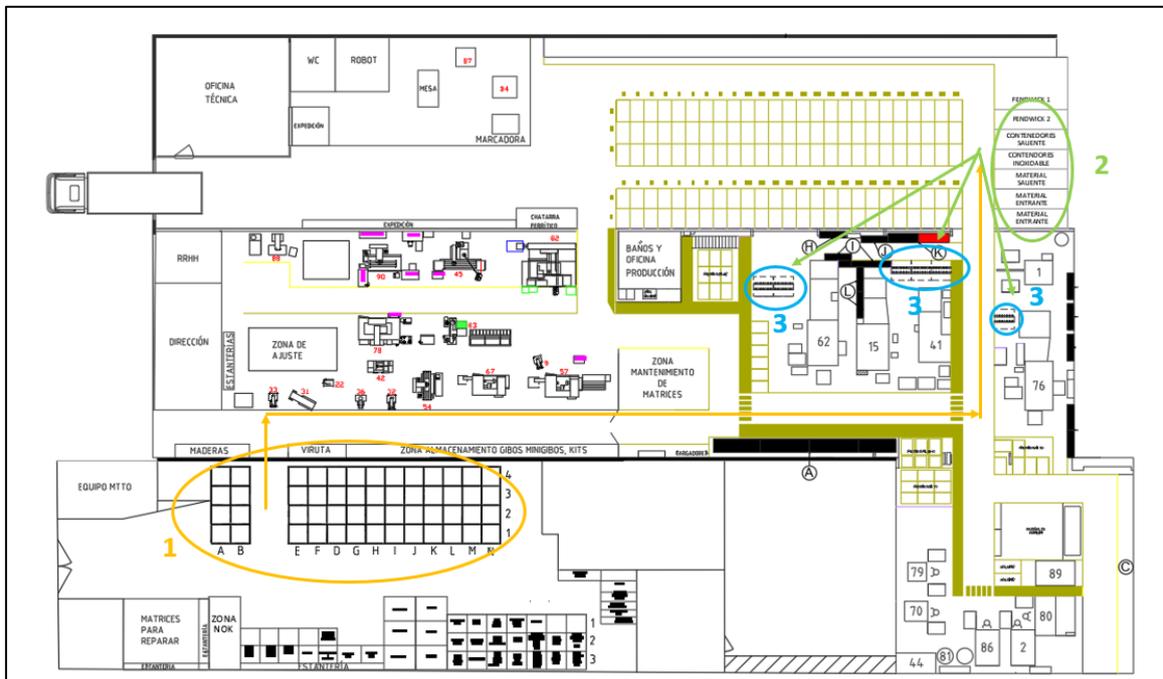


Ilustración 44 Nuevo recorrido de los logísticos internos (Fuente: Elaboración propia)



Ilustración 45. Visión de remodelado de layout de materia prima (Fuente: Elaboración propia)

### 7.3.6 Plan de Formación

Para que todo esto se lleve a cabo, la información fundamental que deben tener los logísticos es la nueva ubicación de los materiales. Para ello, con la siguiente hoja, se pretende hacer una síntesis donde aparezca cada material, y su correspondiente situación en la nueva distribución en planta. De esta manera, estará claro dónde colocar cada bobina y no debería haber ningún tipo de confusión ni amontonamiento excesivo de bobinas al tener cada uno de ellos un sitio específico, ganando en seguridad, disminuyendo las pérdidas de tiempo en búsqueda de materiales y agilizando el proceso. Con una hora de explicación de la nueva distribución y aporte de dicha hoja, debería ser suficiente para que realicen el trabajo sin dificultad, aunque evidentemente, irán ganando habilidad con la práctica.

REFERENCIA	UBICACIÓN	REFERENCIA	UBICACIÓN	REFERENCIA	UBICACIÓN
1.4509-467X1	A	1.4509-132X3	F3	1.4512-414X1,5	F4
1.4509-428X1	B	1.4301 210x1,5	F3	1.4509 201X1,5	F4
1.4510 322x0,7	C1	1.4509-193X1,2	G3	1.4509 305X1,2	G4
1.4512 195x0,8	D1	1.4509-348X1,2	G3	1.4512-248X1,5	G4
1.4301 370x1,5	E1	1.4509-70X3	H3	1.4512-187X1,5	G4
1.4512-330x1,2	F1	1.4509 121,5X1	H3	1.4512-213X1,2	G4
1.4571 370X2	G1	1.4509 193X1,5	I3	1.4510-330x1,2	H4
1.4510-325X1,2	H1	1.4509-235X1,2	I3	1.4512 190X1,2	H4
1.4512 280x3	I1	1.4301 2400x1000x0,5	J3	1.4512-42X2	H4
1.4509 274x1,2	J1	1.4301 136x1,5	J3		
1.4509-339x2	K1	1.4509 95X1,5	K3		
1.4509 252x1,2	L1	1.4509 105X1,5	K3		
1.4512 371x0,8	C2	1.4510 189,5x1	L3		
1.4510 242X1,2	D2	1.4509 69X1,5	L3		
1.4509-224x1	E2	1.4509-170,5X3	C4		
1.4509-114X3	F2	1.4509-91X3	C4		
1.4512 160x1	G2	1.4509 251X0,8	C4		
1.4512 320X1	H2	1.4509 161X0,8	C4		
1.4571 132X1,5	I2	1.4512 104x1,2	D4		
1.4512 AL 190x1,2	J2	1.4509 50X1,5	D4		
1.4509-212X1	K2	1.4301 65x1,5	D4		
1.4509 173X1,5	L2	1.4509-52X1	D4		
1.4509-127X2	C3	1.4509 185X1	E4		
1.4521-78X2	C3	1.4301 56x1,5	E4		
1.4509-325X1	D3	1.4510-302X1,2	E4		
1.4512 165x0,7	D3	1.4512 AL 212x0,8	E4		
1.4301 118x3	E3	1.4301 48x1,5	F4		
1.4301 206,5x3	E3	1.4509 145X1,5	F4		

Ilustración 46. Hoja modelo de nueva ubicación de materia prima (Fuente: Elaboración propia)

## 7.4 Conclusiones

En el presente apartado se ha abordado el diseño de detalle correspondiente a las mejoras relacionadas con la materia prima. En primer lugar, se ha definido un proceso de pedido de material para evitar tanto el exceso como el defecto de bobinas, manteniendo un equilibrio en el almacén y garantizar que la demanda al cliente estará servida. La herramienta Excel diseñada por el redactor del proyecto ayudará a realizar los pedidos semanales y cumplir con la finalidad descrita anteriormente. Con todo esto, el siguiente paso es un rediseño del layout de materia prima debido a que la distribución inicial, además de no proporcionar un espacio suficiente, no correspondía con las exigencias de los productos que actualmente se fabrican en Matrices Alcántara, por lo que, se decidió trasladar dicho almacén a la nave contigua a la principal. Después de tomar esta determinación, se propuso un replanteo de la distribución de las bobinas en base a la cantidad de demanda prevista en las próximas doce semanas, ya que es tiempo suficiente para saber ponderar qué materiales van a ser utilizados y cuáles lo serán menos. A partir de aquí se crearon cuatro niveles de material en función de su demanda y se ordenaron por filas, estando los más demandados en las posiciones delanteras y los menos en las traseras. Todo esto genera un cambio en el proceso, tanto para el planificador como para los logísticos, que se ha plasmado en el presente apartado.

## 8 Mejora del proceso de planificación de producción y rediseño del layout de producto terminado

### 8.1 Introducción

Gran parte de los problemas que existen en Matrices Alcántara vienen desencadenados por la inexistencia de un método eficaz que planifique la producción. Por ejemplo, es muy frecuente que no se respeten los layouts existentes en la planta a la hora de dejar producto terminado debido a que se fabrican más piezas de las necesarias. Si esto se hace a través del tiempo, se va generando un caos en el almacén donde el operario logístico no sabe dónde depositar las piezas inmediatamente fabricadas y las coloca en el primer hueco que detecta. Existe la creencia de que cuantos menos cambios de lote se realicen, mejor para la compañía, ya que la máquina está generando piezas durante más tiempo, y esto, no deja de ser un desperdicio ya que no hay por qué fabricar piezas a un mes vista, principalmente por dos motivos: ocupan espacio en el almacén durante un tiempo innecesario y hay que adelantar fondos monetarios para comprar la bobina con la que fabricar dichas piezas, lo cual se traduce en dinero inmovilizado para la fábrica.

Con todo esto, se propone diseñar una herramienta de planificación de la producción con la que, estableciendo unos stocks máximos y mínimos a través de una teoría de cálculo de lotes de las diferentes referencias de la planta, se cree un método de planificación de la producción suficiente como para suministrar la demanda al cliente, pero sin generar sobreproducciones innecesarias. Este método generará un nuevo layout perfectamente dimensionado donde cada referencia deberá estar en su lugar, ya que no cabe posibilidad de aumentar la producción por encima del stock máximo.

### 8.2 Productos a escoger

Para empezar, es necesario saber cuáles son los productos más importantes a analizar en la fábrica. En el apartado 2 ya se realizó un análisis acerca de este tema, con lo que de ahí se sacarán los datos que se utilizarán en estos momentos. En el anexo iv se pueden observar las tablas con los diferentes productos.

Según la facturación, los procesos en los que interviene el proceso estampación son alrededor de un 63% del total, por lo que parece el proceso con más peso de la compañía. Dicho modo de fabricar corresponde a las prensas 62 y 76, capaces de realizar el mismo tipo de producto. Después aparecen los procesos Gearbox y Brabus, que no tienen un gran volumen, pero la facturación de los mismos es elevada. Estos no se centran en un proceso de estampación, sino que, viniendo la materia prima desde un proveedor externo, pasan por diferentes prensas hidráulicas que dan forma al producto hasta acabarlo en el caso de Brabus y sufre distintos tipos de soldadura hasta obtener el producto final si se habla de Gearbox. Al no ser relevante su volumen, no serán tenidos en cuenta en la mejora del proceso de planificación.

En cuanto a volumen, los procesos en los que interviene la estampación (prensas 62 y 76) acumulan un 40,63% del total y las piezas que pasan por la prensa 41 alcanzan casi un 55%, por lo que sumando estas dos cantidades se tiene que un 95,59% de los productos sufre uno de estos tipos de transformación, por lo que, el objetivo será centrarse en mejorar el proceso de planificación de esas tres prensas: 62,76 y 41.

### 8.3 Aplicación de modelo matemático de cálculo de lotes, generación de alternativas

Una vez escogidas las referencias que se fabricarán en las máquinas, es el momento de utilizar la herramienta donde queda plasmado el modelo matemático descrito en el capítulo 4 del proyecto y explicado con detalle en el anexo i.

A modo de recordatorio, se deben considerar dos condiciones:

- Se debe disponer de capacidad suficiente para surtir la demanda (parámetro C)
- Se debe disponer de un presupuesto suficiente para inventariar (parámetro B)

Por lo que, a continuación, se llevará a cabo la aplicación del modelo para las tres máquinas principales de la compañía: 62,76 y 41. Con los productos de las máquinas 62 y 76, posteriormente se generará el layout de producto terminado. Con respecto a la máquina 41, sus productos suelen ir en KLTs, por lo que la organización del espacio no es un problema, sin embargo, como ya se comentó en el apartado de incidencias, esta máquina se encontraba saturada, por lo que con el siguiente estudio se quiere comprobar numéricamente que es así.

#### 8.3.1 Máquina 41

En primer lugar, ya se han seleccionado los productos que serán fabricados en esta máquina. Para poder aplicar el modelo matemático, tanto para esta máquina como para las otras dos que vendrán posteriormente, es necesario tener datos de los diferentes productos. Estos datos son:

- Ratio de demanda: Consiste en una media de la demanda diaria del producto en cuestión. Para ello, se han analizado las ventas de los productos escogidos en los últimos seis meses y se ha calculado la media comentada anteriormente, obteniendo el parámetro  $D_i$ .
- Coste por unidad: Valor monetario de cada pieza fabricada, parámetro  $cu_i$ .
- Tiempo de cambio: Tiempo que se tarda en cambiar de matriz de la referencia actual a la anterior. En esta prensa concretamente, no había datos históricos, por lo que se midió un cambio de lote y se aplicó a todas las referencias ya que, al no ser matrices muy pesadas, este tiempo resulta similar para todas las referencias. Parámetro  $ts_i$ .
- Ratio de producción: Piezas por hora producidas por la prensa para cada referencia. Parámetro  $p_i$ .
- Lote: Cantidad de unidades de piezas que van por unidad de embalaje.

Con todos los datos necesarios listos para aplicar el modelo matemático, se necesita fijar el nivel de inventario en unidades monetarias asumible por parte de la empresa y la capacidad destinada a la producción de las referencias.

Realizando diversas iteraciones, se plantean tres escenarios en cuanto al parámetro B, que define la cantidad de inmovilizado que tendrá la empresa con estos productos.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

En el primer escenario, se define el parámetro B con 25.000 unidades monetarias, resultando los stocks mínimos y máximos de los productos de la siguiente manera.

C		n	B						
97,00%		2	25.000						
Producto	Ratio de demanda( uds diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)	Ratio de producción(uds/hora)	Lote	Stock mínimo	Stock máximo	Smin/Smax	
$i$	$D_i$	$cu_i$	$ts_i$	$p_i$				$x$	
1	82159907	70	0,565	36	1400	100	200	1900	10,53%
2	82159908	70	0,591	36	1400	100	200	1900	10,53%
3	82159909	70	0,591	36	1400	100	200	1900	10,53%
4	82194778	70	0,567	36	1400	100	200	1900	10,53%
5	82194850	70	0,632	36	1400	100	200	1800	11,11%
6	82211290	60	0,6399	36	1200	100	200	1700	11,76%
7	82231926	1500	0,3044	36	1800	350	700	12600	5,56%
8	82231928	1500	0,3044	36	1800	350	700	12600	5,56%
9	82097567	350	0,174	36	1600	350	7700	4,55%	
10	82097708	120	0,1855	36	1600	250	250	4500	5,56%
11	82208122	350	0,2162	36	2500	300	6900	4,35%	
12	82245498	900	0,0771	36	2500	3000	0	21000	0,00%
13	82305842	120	0,202	36	2500	250	250	4250	5,88%
14	82311397	100	1,239	36	1000	1000	0	2000	0,00%
15	82314724	7	2,1038	36	1000	10	60	310	19,35%
16	82311026	500	0,1122	36	2500	1500	0	12000	0,00%
17	82316630	180	0,3528	36	400	600	0	4200	0,00%
18	82316807	100	0,8313	36	1600	800	0	2400	0,00%
19	82316808	95	1,2423	36	1600	800	0	1600	0,00%
20	82317227	170	0,3573	36	400	900	0	4500	0,00%
21	82317229	165	0,348	36	400	900	0	4500	0,00%
22	82317231	170	0,3419	36	400	1200	0	4800	0,00%
23	82321216	160	1,442	36	1600	800	0	2400	0,00%
25	82321232	165	1,3422	36	2000	100	300	1900	15,79%
26	SG0860201800130	900	0,1459	36	1960	3024	0	12096	0,00%
27	SG0860201800150	1350	0,03	36	1960	3024	0	12096	0,00%
28	SG0860201800170	500	0,03	36	1960	3024	3024	12096	25,00%
29	SG0940202300190	670	0,1459	36	1960	1920	0	13440	0,00%
								5,59%	
Horas diarias		8,0							
Minutos diarios		480							

Ilustración 47. Escenario 1, máquina 41 (Fuente: Elaboración propia)

Como puede verse, los stocks mínimos son prácticamente inexistentes, siendo esto bastante arriesgado a la hora de planificar la producción ya que, si en un momento determinado dos o más referencias llegan al mismo tiempo al límite inferior de su stock, es probable que no se llegue a servir demanda al cliente.

El siguiente escenario parte de un parámetro B=35.000 unidades monetarias, obteniéndose los siguientes resultados.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

C		n	B						
97,00%		2	35.000						
Producto	Ratio de demanda (uds diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)	Ratio de producción (uds/hora)	Lote	Stock mínimo	Stock máximo	Smin/Smax x	
i	$D_i$	$cu_i$	$ts_i$	$P_i$					
1	82159907	70	0,565	36	1400	100	700	1900	36,84%
2	82159908	70	0,591	36	1400	100	700	1900	36,84%
3	82159909	70	0,591	36	1400	100	700	1900	36,84%
4	82194778	70	0,567	36	1400	100	700	1900	36,84%
5	82194850	70	0,632	36	1400	100	700	1800	38,89%
6	82211290	60	0,6399	36	1200	100	600	1700	35,29%
7	82231926	1500	0,3044	36	1800	350	3150	12600	25,00%
8	82231928	1500	0,3044	36	1800	350	3150	12600	25,00%
9	82097567	350	0,174	36	1600	350	1400	7700	18,18%
10	82097708	120	0,1855	36	1600	250	750	4500	16,67%
11	82208122	350	0,2162	36	2500	300	1500	6900	21,74%
12	82245498	900	0,0771	36	2500	3000	3000	21000	14,29%
13	82305842	120	0,202	36	2500	250	750	4250	17,65%
14	82311397	100	1,239	36	1000	1000	1000	2000	50,00%
15	82314724	7	2,1038	36	1000	10	210	310	67,74%
16	82311026	500	0,1122	36	2500	1500	1500	12000	12,50%
17	82316630	180	0,3528	36	400	600	1200	4200	28,57%
18	82316807	100	0,8313	36	1600	800	800	2400	33,33%
19	82316808	95	1,2423	36	1600	800	800	1600	50,00%
20	82317227	170	0,3573	36	400	900	900	4500	20,00%
21	82317229	165	0,348	36	400	900	900	4500	20,00%
22	82317231	170	0,3419	36	400	1200	1200	4800	25,00%
23	82321216	160	1,442	36	1600	800	800	2400	33,33%
25	82321232	165	1,3422	36	2000	100	1000	1900	52,63%
26	SG0860201800130	900	0,1459	36	1960	3024	3024	12096	25,00%
27	SG0860201800150	1350	0,03	36	1960	3024	3024	12096	25,00%
28	SG0860201800170	500	0,03	36	1960	3024	3024	12096	25,00%
29	SG0940202300190	670	0,1459	36	1960	1920	1920	13440	14,29%
								30,09%	
Horas diarias		8,0							
Minutos diarios		480							

Ilustración 48. Escenario 2, máquina 41 (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar, al no haber variado la capacidad, los stocks máximos son prácticamente iguales. Sin embargo, con respecto al primer escenario, el nivel de stock mínimo ha subido de manera notable, obteniendo niveles de stock más altos, reduciendo el riesgo ante una posible llegada de varias referencias al límite inferior y unos lotes de producción más cortos.

Para finalizar, el último escenario planteado consiste en un parámetro de unidades monetarias de inventariado de 45.000, dando lugar a los siguientes resultados.

C		n	B						
97,00%		2	45.000						
Producto	Ratio de demanda (uds diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)	Ratio de producción (uds/hora)	Lote	Stock mínimo	Stock máximo	Smin/Smax x	
i	$D_i$	$cu_i$	$ts_i$	$P_i$					
1	82159907	70	0,565	36	1400	100	1200	1900	63,16%
2	82159908	70	0,591	36	1400	100	1200	1900	63,16%
3	82159909	70	0,591	36	1400	100	1200	1900	63,16%
4	82194778	70	0,567	36	1400	100	1200	1900	63,16%
5	82194850	70	0,632	36	1400	100	1200	1800	66,67%
6	82211290	60	0,6399	36	1200	100	1100	1700	64,71%
7	82231926	1500	0,3044	36	1800	350	5250	12600	41,67%
8	82231928	1500	0,3044	36	1800	350	5250	12600	41,67%
9	82097567	350	0,174	36	1600	350	2450	7700	31,82%
10	82097708	120	0,1855	36	1600	250	1500	4500	33,33%
11	82208122	350	0,2162	36	2500	300	2700	6900	39,13%
12	82245498	900	0,0771	36	2500	3000	3000	21000	14,29%
13	82305842	120	0,202	36	2500	250	1500	4250	35,29%
14	82311397	100	1,239	36	1000	1000	1000	2000	50,00%
15	82314724	7	2,1038	36	1000	10	360	310	116,13%
16	82311026	500	0,1122	36	2500	1500	3000	12000	25,00%
17	82316630	180	0,3528	36	400	600	1800	4200	42,86%
18	82316807	100	0,8313	36	1600	800	1600	2400	66,67%
19	82316808	95	1,2423	36	1600	800	1600	1600	100,00%
20	82317227	170	0,3573	36	400	900	1800	4500	40,00%
21	82317229	165	0,348	36	400	900	1800	4500	40,00%
22	82317231	170	0,3419	36	400	1200	1200	4800	25,00%
23	82321216	160	1,442	36	1600	800	1600	2400	66,67%
25	82321232	165	1,3422	36	2000	100	1800	1900	94,74%
26	SG0860201800130	900	0,1459	36	1960	3024	3024	12096	25,00%
27	SG0860201800150	1350	0,03	36	1960	3024	6048	12096	50,00%
28	SG0860201800170	500	0,03	36	1960	3024	3024	12096	25,00%
29	SG0940202300190	670	0,1459	36	1960	1920	3840	13440	28,57%
								50,60%	
Horas diarias		8,0							
Minutos diarios		480							

Ilustración 49. Escenario 3, máquina 41 (Fuente: Elaboración propia)

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

En esta última situación, el stock mínimo de los productos ha subido en gran medida con respecto a los dos escenarios anteriores, generando lotes de producción muy cortos, incluso siendo absurdo en determinadas referencias, habiendo solamente una diferencia de 100 unidades (una unidad de embalaje) entre el stock mínimo y el máximo.

Ahora queda por analizar la capacidad de la máquina. Antes de realizar las modificaciones en el parámetro B, se realizaron diferentes iteraciones modificando dicho parámetro y se observó que el límite con el que se es capaz de producir todas las referencias escogidas para la máquina es con una capacidad del 97%, un valor demasiado alto, ya que, si hubiera algún tipo de avería, se realizase mantenimiento a la máquina o cualquier incidencia que hiciese perder tiempo a la prensa, no se sería capaz de llegar a surtir la demanda al cliente. Por tanto, antes de subir el tiempo que trabaja la máquina a diario (8 horas), se procederá a minimizar el tiempo de cambio de lote mediante la técnica SMED en el capítulo 9, eliminando todo lo posible el desperdicio.

En la siguiente imagen se puede ver cómo el input C, que indica la capacidad de la máquina se encuentra en rojo. Esto es debido a que el parámetro  $C(\alpha)$  del modelo es superior al valor de capacidad introducido por el operador al intentar realizar los cálculos.

C		n	B											
96.00%		2	35.000											
Producto	Ratio de demanda (uds diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)	Ratio de producción (udshora)	Lote	Stock mínimo	Stock máximo	C (α)	B**(α, v)					
i	$D_i$	$cu_i$	$tz_i$	$P_i$				$(\frac{D_i}{C} + tz_i \frac{D_i}{Q_i})$	$B^*(\alpha) + \sum_{i=1}^n cu_i v \sqrt{D_i}$					
1	82119907	70	0,565	36	1400	100	600	2100	0,00875	918,00818				
2	82119908	70	0,591	36	1400	100	600	2100	0,00875	946,78066				
3	82119909	70	0,591	36	1400	100	600	2100	0,00875	946,78066				
4	82194778	70	0,567	36	1400	100	600	2100	0,00875	920,23207				
5	82194850	70	0,632	36	1400	100	600	2000	0,008875	991,57721				
6	82211290	60	0,6999	36	1200	100	500	1800	0,00875	890,43357				
7	82231926	1500	0,3044	36	1800	350	2450	13650	0,112408425	2817,8498				
8	82231928	1500	0,3044	36	1800	350	2450	13650	0,112408425	2817,8498				
9	82097567	350	0,174	36	1600	350	1400	8400	0,03046875	969,83802				
10	82097708	120	0,1855	36	1600	250	750	4750	0,011269737	574,19383				
11	82208122	350	0,2162	36	2500	300	1200	7500	0,021	1064,903				
12	82245498	900	0,0771	36	2500	3000	3000	21000	0,048214286	1013,6423				
13	82305842	120	0,202	36	2500	250	750	4500	0,008	604,73469				
14	82311397	100	1,239	36	1000	1000	1000	2000	0,01625	2267,0568				
15	82314724	7	2,1038	36	1000	10	180	340	0,002419118	731,04786				
16	82311026	500	0,1122	36	2500	1500	1500	13500	0,027777778	864,4922				
17	82316630	180	0,3528	36	400	600	1200	4800	0,0590625	1176,2336				
18	82316807	100	0,8313	36	1600	800	800	2400	0,0109375	1505,142				
19	82316808	95	1,2423	36	1600	800	800	2400	0,010390625	1994,6295				
20	82317227	170	0,3573	36	400	900	900	4500	0,055958333	1056,667				
21	82317229	165	0,348	36	400	900	900	4500	0,0543125	1027,33				
22	82317231	170	0,3419	36	400	1200	1200	4800	0,05578125	1129,3608				
23	82321216	160	1,442	36	1600	800	800	2400	0,0175	2556,4915				
25	82321232	165	1,3422	36	2000	100	900	2100	0,016205357	2580,9201				
26	SG0860201800130	900	0,1459	36	1960	3024	3024	12096	0,062978316	1524,4667				
27	SG0860201800150	1350	0,03	36	1960	3024	3024	12096	0,094467474	701,70068				
28	SG0860201800170	500	0,03	36	1960	3024	3024	12096	0,034987954	451,99075				
29	SG094020300190	670	0,1459	36	1960	1920	1920	13440	0,046468431	1207,5935				
<table border="1"> <tr> <td>Horas diarias</td> <td>8,0</td> </tr> <tr> <td>Minutos diarios</td> <td>480</td> </tr> </table>									Horas diarias	8,0	Minutos diarios	480	$\sum$ 961891759 ¿Real C? No posible	36251,94678 ¿Real Money? No posible
Horas diarias	8,0													
Minutos diarios	480													

Ilustración 50. Verificación de límite de capacidad para la máquina 41 (Fuente: Elaboración propia)

### 8.3.2 Máquina 62

Para esta máquina, la estrategia será diferente que para la prensa 41. En el apartado anterior se puede ver que la prensa 41 no va muy holgada en cuanto a capacidad, por lo que se varió la cantidad de nivel monetario inventariado con el objetivo de detectar variaciones en los niveles de stock mínimo y máximo. Para este caso, después de iteraciones previas, se concluye que hay suficiente capacidad de máquina, con lo que se fijará un nivel de inventario de 25.000 unidades monetarias en el parámetro de entrada B y se variará el parámetro C para observar los cambios en los tamaños de lote.

El primer escenario que se plantea será contemplando una capacidad del 70%. Esta sería la opción más desfavorable, lo cual está bien en caso de que existan paradas de máquina por avería o mantenimiento, aunque pueda resultar que el nivel de inventario pueda ser algo alto. Sin embargo, como se puede observar en la ilustración 51, no existen muchas referencias en las que se almacenen más de dos unidades de embalaje, por lo que podría ser una buena opción a la hora de diseñar el layout de producto terminado.

KIT	C			n	B		Horas diarias		8.0	Lote	Stock mínimo	Stock máximo	Smin/ Smax
	70.00%				2	25.000		Minutos diarios					
	Producto	Ratio de demanda (u ds/diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)		Ratio de producción (uds/hora)							
	$f_i$	$D_i$	$c_{ui}$	$t_{c1}$	$t_{c2}$	$P_i$	$P_i$						
	82161823	220	0.8758		42.6	1600	400	400	1600	25.00%			
	82161830	220	0.8758		39	1600	400	400	1600	25.00%			
	82161831	220	0.8758		37.8	1600	400	400	1600	25.00%			
	82161832	220	0.8758		37.8	1600	400	400	1600	25.00%			
	82157264	500	0.8931		46.8	1400	200	800	2400	33.33%			
	82157412	500	0.8931		46.8	1400	200	800	2400	33.33%			
	82163218	250	0.8865		33	1400	200	600	1400	42.86%			
	82163219	250	0.8865		36.6	1400	200	600	1400	42.86%			
	82168711	110	0.8931		40.2	1400	200	400	1000	40.00%			
	82157264	110	0.8931		40.2	1400	200	400	1000	40.00%			
	82193646	30	0.8843		45.6	1400	400	0	800	0.00%			
	82193664	30	0.8843		36.4	1400	400	0	800	0.00%			
	82220635	25	0.8843		36.4	1400	400	0	800	0.00%			
	82220841	25	0.8843		43.8	1400	400	0	800	0.00%			
	82241265	75	0.7071		63	1200	250	250	1250	20.00%			
	82241266	75	0.7071		67.2	850	250	250	1250	20.00%			
	82261862	165	1.1235		71.4	1600	400	400	1600	25.00%			
	82262318	75	0.8843		51.6	1600	400	400	1200	33.33%			
	82263100	75	1.1515		74.4	1695	400	400	1200	33.33%			
	82263123	80	1.1515		72	1695	400	400	1200	33.33%			
	82339425	80	0.4607		95.4	1000	125	250	1875	13.33%			
	82376668	40	1.5		79.8	1400	400	800	800	50.00%			
	82376669	70	1.5		71.4	1400	800	0	1200	0.00%			
	82376779	13	1.5		54.6	1400	800	0	600	0.00%			
	82409055	1	0.4281		60	1400	1000	0	1000	0.00%			
	82409096	31	0.4342		60	1400	1000	0	1000	0.00%			
	82376671	72	0.5352		60	1400	600	0	1800	0.00%			
	82365748	25	0.7		36.2	1400	400	0	800	0.00%			
	82218962	35	0.69		36.1	1400	700	0	700	0.00%			
	82234950	18	0.69		36.1	1400	700	0	700	0.00%			
	82365746	18	0.69		36.1	1400	400	0	800	0.00%			
	82187416	150	0.69		36.1	1400	500	500	1500	33.33%			
	82370303	63	0.69		36.1	1400	500	500	1000	50.00%			
	82423565	127	0.81		34.5	1400	1000	0	2000	0.00%			
	70004909	75	0.69		36.1	1400	500	500	1000	50.00%			
	82054569	75	0.69		36.1	1400	500	500	1000	50.00%			
	82054581	75	0.69		36.1	1400	500	500	1000	50.00%			
	82366747	20	0.56		32.3	1600	1000	0	1000	0.00%			
	82366748	20	0.56		32.3	1600	1000	0	1000	0.00%			
	82366749	20	0.56		32.3	1600	1000	0	1000	0.00%			
	82366750	20	0.56		32.3	1600	1000	0	1000	0.00%			
													<b>19.37%</b>

Ilustración 51. Escenario 1, máquina 62 (Fuente: Elaboración propia)

El segundo escenario planteado es simulando una capacidad de máquina del 80%. Como se puede ver en la ilustración 52, los stocks máximos han disminuido con respecto al primer escenario debido a que se posee mayor capacidad de máquina. También los stocks mínimos han aumentado sin haber variado el parámetro B de material a inventariar, lo que todo esto hace que los lotes de producción sean en su mayoría bastante cortos, indicando que la máquina no se encuentra ni mucho menos saturada y que la capacidad actual, para la demanda de referencias escogidas es más que suficiente.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

KIT	C		n	B		Horas diarias		8.0		Lote	Stock mínimo	Stock máximo	Smín/ Smax
	80.00%		2	25.000		Minutos diarios		480					
	Producto	Ratio de demanda (uds diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)		Ratio de producción (uds/hora)							
	i	D <sub>i</sub>	c <sub>u</sub> i	t <sub>1</sub> i	t <sub>2</sub> i	p <sub>i</sub>							
	82161829	220	0.8758	42.6		1600	400	800	1200	66.67%			
	82161830	220	0.8758	39		1600	400	800	1200	66.67%			
	82161831	220	0.8758	37.8		1600	400	800	1200	66.67%			
	82161832	220	0.8758	37.8		1600	400	800	1200	66.67%			
82167043	82157264	500	0.8931	48.6		1400	200	1000	1600	55.56%			
	82157412	500	0.8931	46.8		1400	200	1000	1600	55.56%			
82167555	82163218	250	0.8865	33		1400	200	800	1200	66.67%			
	82163219	250	0.8865	36.6		1400	200	800	1200	66.67%			
82173457	82168711	110	0.8931	40.2		1400	200	400	800	50.00%			
	82157264	110	0.8931	40.2		1400	200	400	800	50.00%			
	82193646	30	0.8843	45.6		1400	400	400	800	50.00%			
	82193664	30	0.8843	36.4		1400	400	400	800	50.00%			
	82220635	25	0.8843	36.4		1400	400	400	400	100.00%			
	82220641	25	0.8843	43.8		1400	400	400	400	100.00%			
	82241265	75	0.7071	63		1200	250	500	1000	50.00%			
	82241266	75	0.7071	67.2		850	250	500	1000	50.00%			
	82261862	165	1.1235	71.4		1600	400	400	1200	33.33%			
	82262318	75	0.8843	51.6		1600	400	400	800	50.00%			
	82269100	75	1.1515	74.4		1695	400	400	800	50.00%			
	82269123	80	1.1515	72		1695	400	400	800	50.00%			
	82339425	80	0.4807	35.4		1000	125	375	1375	27.27%			
	82376668	40	1.5	79.8		1400	400	400	800	50.00%			
	82376669	70	1.5	71.4		1400	600	600	1200	50.00%			
	82376779	13	1.5	54.6		1400	600	0	600	0.00%			
	82409055	1	0.4291	60		1400	1000	0	1000	0.00%			
	82409096	31	0.4342	60		1400	1000	0	1000	0.00%			
	82376671	72	0.5352	60		1400	600	600	1200	50.00%			
	82365748	25	0.7	36.2		1400	400	400	400	100.00%			
	82218962	35	0.69	36.1		1400	700	0	700	0.00%			
	82234950	18	0.69	36.1		1400	700	0	700	0.00%			
	82365746	18	0.69	36.1		1400	400	0	400	0.00%			
	82187416	150	0.69	36.1		1400	500	500	1000	50.00%			
	82370303	63	0.69	36.1		1400	500	500	1000	50.00%			
	82423565	127	0.81	34.5		1400	1000	1000	1000	100.00%			
	70004909	75	0.69	36.1		1400	500	500	1000	50.00%			
	82054569	75	0.69	36.1		1400	500	500	1000	50.00%			
	82054581	75	0.69	36.1		1400	500	500	1000	50.00%			
	82386747	20	0.56	32.3		1600	1000	0	1000	0.00%			
	82386748	20	0.56	32.3		1600	1000	0	1000	0.00%			
	82386749	20	0.56	32.3		1600	1000	0	1000	0.00%			
	82386750	20	0.56	32.3		1600	1000	0	1000	0.00%			
													<b>44.43%</b>

Ilustración 52. Escenario 2, máquina 62 (Fuente: Elaboración propia)

El último escenario se ha realizado simulando una capacidad de máquina del 90%, quedando los resultados de stocks mínimos y máximos como se puede apreciar en la ilustración 53. Aunque no hay grandes variaciones con respecto al escenario 2, sí que se puede apreciar que, en las referencias con más demanda, han disminuido los stocks máximos y han aumentado los stocks mínimos, siendo esto lógico debido a que con mayor capacidad de máquina es posible realizar más cambios de lotes, disminuyendo los tamaños y haciendo decrecer los inventarios.

KIT	C		n	B		Horas diarias		8.0		Lote	Stock mínimo	Stock máximo	Smín/ Smax
	90.00%		2	25.000		Minutos diarios		480					
	Producto	Ratio de demanda (uds diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)		Ratio de producción (uds/hora)							
	i	D <sub>i</sub>	c <sub>u</sub> i	t <sub>1</sub> i	t <sub>2</sub> i	p <sub>i</sub>							
	82161829	220	0.8758	42.6		1600	400	800	1200	66.67%			
	82161830	220	0.8758	39		1600	400	800	1200	66.67%			
	82161831	220	0.8758	37.8		1600	400	800	1200	66.67%			
	82161832	220	0.8758	37.8		1600	400	800	1200	66.67%			
82167043	82157264	500	0.8931	48.6		1400	200	1200	1600	75.00%			
	82157412	500	0.8931	46.8		1400	200	1200	1600	75.00%			
82167555	82163218	250	0.8865	33		1400	200	800	1000	80.00%			
	82163219	250	0.8865	36.6		1400	200	800	1000	80.00%			
82173457	82168711	110	0.8931	40.2		1400	200	600	800	75.00%			
	82157264	110	0.8931	40.2		1400	200	600	800	75.00%			
	82193646	30	0.8843	45.6		1400	400	400	400	100.00%			
	82193664	30	0.8843	36.4		1400	400	400	800	50.00%			
	82220635	25	0.8843	36.4		1400	400	400	400	100.00%			
	82220641	25	0.8843	43.8		1400	400	400	400	100.00%			
	82241265	75	0.7071	63		1200	250	500	750	66.67%			
	82241266	75	0.7071	67.2		850	250	500	750	66.67%			
	82261862	165	1.1235	71.4		1600	400	800	1200	66.67%			
	82262318	75	0.8843	51.6		1600	400	400	800	50.00%			
	82269100	75	1.1515	74.4		1695	400	400	800	50.00%			
	82269123	80	1.1515	72		1695	400	400	800	50.00%			
	82339425	80	0.4807	35.4		1000	125	500	1125	44.44%			
	82376668	40	1.5	79.8		1400	400	400	800	100.00%			
	82376669	70	1.5	71.4		1400	600	600	1200	100.00%			
	82376779	13	1.5	54.6		1400	600	0	600	0.00%			
	82409055	1	0.4291	60		1400	1000	0	1000	0.00%			
	82409096	31	0.4342	60		1400	1000	0	1000	0.00%			
	82376671	72	0.5352	60		1400	600	600	1200	50.00%			
	82365748	25	0.7	36.2		1400	400	400	400	100.00%			
	82218962	35	0.69	36.1		1400	700	0	700	0.00%			
	82234950	18	0.69	36.1		1400	700	0	700	0.00%			
	82365746	18	0.69	36.1		1400	400	400	400	100.00%			
	82187416	150	0.69	36.1		1400	500	500	1000	50.00%			
	82370303	63	0.69	36.1		1400	500	500	1000	50.00%			
	82423565	127	0.81	34.5		1400	1000	1000	1000	100.00%			
	70004909	75	0.69	36.1		1400	500	500	1000	50.00%			
	82054569	75	0.69	36.1		1400	500	500	1000	50.00%			
	82054581	75	0.69	36.1		1400	500	500	1000	50.00%			
	82386747	20	0.56	32.3		1600	1000	0	1000	0.00%			
	82386748	20	0.56	32.3		1600	1000	0	1000	0.00%			
	82386749	20	0.56	32.3		1600	1000	0	1000	0.00%			
	82386750	20	0.56	32.3		1600	1000	0	1000	0.00%			
													<b>55.39%</b>

Ilustración 53 Escenario 3, máquina 62 (Fuente: Elaboración propia)

### 8.3.3 Máquina 76

Esta máquina es la que más trabaja de las tres expuestas en este trabajo y de la empresa en cuestión. Está programada a dos turnos para poder hacer frente a la demanda. Además de esto, en los inputs para el cálculo de los stocks mínimo y máximo, se encuentra un escenario en el que la capacidad mínima con la que se puede cumplir la demanda para las referencias escogidas es del 80%, con un coeficiente de material inmovilizado B=34.000 unidades monetarias, con lo que el primer escenario se fijará con estas condiciones.

KIT	Producto	Ratio de demanda (uds diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)	Ratio de producción (uds/hora)	Horas		Stock mínimo	Stock máximo	Smin/Smax
						diarias	Máquina			
						16,0	360			
		80,00%	n	E						
			2	34.000						
	82265371	500	0,6865	77,28	1250	50	0	3750	0,00%	
82102707	82046697	150	1,23335	43,2	1200	200	0	1200	0,00%	
	82057878	150	1,23335	47,82	1200	200	0	1200	0,00%	
82108093	82034283	160	1,23335	53,78	1200	200	0	1400	0,00%	
	82057878	160	1,23335	57,82	1200	200	0	1400	0,00%	
	8211267	120	0,83245	55,14	1600	500	0	1500	0,00%	
	324110	120	0,78825	40,56	1600	500	0	1000	0,00%	
82135408	82106016	220	1,4205	43,36	1100	300	0	1500	0,00%	
	82106017	220	1,4205	44,16	1100	300	0	1500	0,00%	
82136113	82131176	180	1,4205	36,54	1100	300	0	1200	0,00%	
	82131468	180	1,4205	40,44	1100	300	0	1200	0,00%	
82136115	82131468	180	1,4205	40,44	1100	300	0	1200	0,00%	
	82130911	180	1,4205	43,32	1100	300	0	1200	0,00%	
82137003	82046697	150	1,23335	43,2	1200	200	0	1200	0,00%	
	82132761	220	1,23335	82,38	1200	200	0	2000	0,00%	
	82303436	220	0,4533	52,74	1800	1500	0	3000	0,00%	
	82230543	100	0,6541	58,02	1600	450	0	1350	0,00%	
	82206207	100	0,6332	78,06	1600	450	0	1800	0,00%	
	82357370	180	0,4074	52,38	1600	1500	0	3000	0,00%	
	82357363	100	0,4277	51,3	1600	1500	0	1500	0,00%	
	82321945	50	0,6523	77,28	1600	450	0	1350	0,00%	
	82406394	180	1,1178	70,26	1600	1300	0	1300	0,00%	
	82193961	30	2,4332	55,26	1200	1000	0	1000	0,00%	
	82013390	400	0,8026	41,1	1600	1500	0	3000	0,00%	
	82054800	450	0,8026	43,08	1600	1500	0	3000	0,00%	
	82062236	800	0,7033	53,46	1600	2000	0	4000	0,00%	
	82266223	550	0,3843	67,62	2000	5000	0	5000	0,00%	
	82343630	250	0,3312	40,56	1800	2500	0	2500	0,00%	
	82343310	250	0,3312	41,88	1800	2500	0	2500	0,00%	
	82101630	250	0,5234	57,24	1700	1000	0	3000	0,00%	
	82175114	370	0,6654	32,46	1700	300	0	2100	0,00%	
	82175175	360	0,6323	33,84	1700	300	0	2400	0,00%	
	82273503	100	0,5494	48,66	1500	600	0	1200	0,00%	
	82273736	100	0,5417	36,36	1500	600	0	1200	0,00%	
	82336922	400	0,3355	82,44	1400	4000	0	4000	0,00%	
70006314	82413346	450	0,4137	60	1400	700	0	4200	0,00%	
	82413333	450	0,4137	60	1400	700	0	4200	0,00%	
70007235	82455177	650	0,4263	60	1400	700	0	4900	0,00%	
	82455197	650	0,4263	60	1400	700	0	4900	0,00%	
	82455212	700	0,414	60	1400	700	0	5600	0,00%	
	82427621	190	0,435	42	1400	1000	0	2000	0,00%	
	82427622	200	0,435	42	1400	1000	0	2000	0,00%	
	82413503	20	0,48	37	1400	500	0	500	0,00%	
	82422750	15	0,48	37	1400	500	0	500	0,00%	
	82431463	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%	
	82431464	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%	
	82418133	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%	
	82418136	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%	
	82418172	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%	
	82418173	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%	
	82505324	125	0,65	37	1400	1000	0	1000	0,00%	
									0,00%	

Ilustración 54. Escenario 1, máquina 76 (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en la ilustración 55, el stock mínimo para todas las referencias es cero, teniendo unos stocks máximos relativamente altos. Esto es debido a que el coeficiente B de inmovilizado impuesto es demasiado bajo como para mantener alguna referencia con inventario, por lo que en la siguiente propuesta se subirán tanto la capacidad como el coeficiente B.

En el segundo escenario se plantea una capacidad de máquina del 85% y se ha subido el coeficiente de inmovilizado a 50.000 unidades monetarias, obteniendo los resultados expresados en la ilustración 56.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

KIT	Producto	C		B		Horas diarias		16,0		Tamaño de lote	Stock mínimo	Stock máximo	Smin/S max
		85,00%	n	2	50.000	Horas diarias	Horas diarias	360	360				
		Ratio de demanda (uds diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)		Ratio de producción (uds/hora)							
		$D_i$	$C_{ui}$	$t_{1i}$	$t_{2i}$	$P_i$	$P_i$						
82102707	82265371	500	0,6865	77,28		1250		50	900	3200	28,13%		
	82046697	150	1,23935	43,2		1200		200	400	1000	40,00%		
	82057878	150	1,23935	47,82		1200		200	400	1000	40,00%		
82108093	82034289	160	1,23935	53,78		1200		200	600	1200	50,00%		
	82057878	160	1,23935	57,82		1200		200	600	1200	50,00%		
82111267	82111267	120	0,89245	55,14		1600		500	500	1000	50,00%		
	324110	120	0,78825	40,56		1600		500	500	1000	50,00%		
	82106016	280	1,4205	48,36		1100		300	600	1200	50,00%		
82135408	82106017	280	1,4205	44,16		1100		300	600	1200	50,00%		
	82131176	180	1,4205	36,54		1100		300	600	900	66,67%		
82136113	82131468	180	1,4205	40,44		1100		300	600	900	66,67%		
	82131468	180	1,4205	40,44		1100		300	600	900	66,67%		
82136115	82130911	180	1,4205	43,32		1100		300	600	1200	50,00%		
	82046697	150	1,23935	43,2		1200		200	400	1000	40,00%		
82137003	82132761	220	1,23935	82,38		1200		200	600	1600	37,50%		
	82303436	220	0,4593	52,74		1800		1500	0	1500	0,00%		
70006314	82230543	100	0,6541	58,02		1600		450	450	1350	33,33%		
	82206207	100	0,6332	78,06		1600		450	450	1350	33,33%		
	82357970	180	0,4074	52,38		1600		1500	0	1500	0,00%		
	82357963	100	0,4277	51,3		1600		1500	0	1500	0,00%		
	82321945	50	0,6523	77,28		1600		450	450	900	50,00%		
	82406394	180	1,1178	10,26		1600		1300	0	1300	0,00%		
	82193961	30	2,4932	55,26		1200		1000	0	1000	0,00%		
	82013990	400	0,8026	41,1		1600		1500	1500	1500	100,00%		
	82054800	450	0,8026	43,08		1600		1500	1500	1500	100,00%		
	82062236	800	0,7033	53,46		1600		2000	2000	4000	50,00%		
	82266223	550	0,3643	67,62		2000		5000	0	5000	0,00%		
	82343630	250	0,3372	40,56		1800		2500	0	2500	0,00%		
	82343310	250	0,3372	41,88		1800		2500	0	2500	0,00%		
	82101630	250	0,5234	57,24		1700		1000	1000	2000	50,00%		
	82175114	370	0,6654	32,46		1700		300	900	1800	50,00%		
	82175175	360	0,6323	33,84		1700		300	900	2100	42,86%		
	82279503	100	0,5494	48,66		1500		600	600	1200	50,00%		
	82279736	100	0,5417	36,36		1500		600	600	1200	50,00%		
	82396922	400	0,3955	82,44		1400		4000	0	4000	0,00%		
	70006314	82413846	450	0,4137	60		1400		700	700	3500	20,00%	
82413839		450	0,4137	60		1400		700	700	3500	20,00%		
70007235	82455177	650	0,4263	60		1400		700	700	4200	16,67%		
	82455197	650	0,4263	60		1400		700	700	4200	16,67%		
	82455212	700	0,414	60		1400		700	1400	4900	28,57%		
	82427621	190	0,435	42		1400		1000	1000	2000	50,00%		
	82427622	200	0,435	42		1400		1000	1000	2000	50,00%		
	82419503	20	0,48	37		1400		500	0	500	0,00%		
	82422750	15	0,48	37		1400		500	0	500	0,00%		
	82431463	10	0,52	40,5		1400		500	0	500	0,00%		
	82431464	10	0,52	40,5		1400		500	0	500	0,00%		
	82418733	10	0,52	40,5		1400		500	0	500	0,00%		
82418736	10	0,52	40,5		1400		500	0	500	0,00%			
82418772	10	0,52	40,5		1400		500	0	500	0,00%			
82418773	10	0,52	40,5		1400		500	0	500	0,00%			
82505924	125	0,65	37		1400		1000	0	1000	0,00%			
													<b>30,33%</b>

Ilustración 55. Escenario 2, máquina 76 (Fuente: Elaboración propia)

Con este planteamiento ya se obtienen unos niveles de stock mínimo aceptables, encontrándose las referencias con más demanda con un nivel de stock mínimo alrededor del 40% del stock máximo, lo cual es un buen nivel para planificar la producción. En cuanto al stock máximo, al simular una capacidad de máquina superior a la del primer escenario, es evidente que disminuirá.

En la última situación planteada se mantendrá el coeficiente de inmovilizado en 50.000 unidades monetarias, y se aumentará la capacidad a un 90%.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

KIT	Producto	C		B		Horas diarias		Tamaño de lote	Stock mínimo	Stock máximo	Smin/Smax
		90,00%	n	2	50.000	16,0	360				
		Ratio de demanda (uds diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)	Ratio de producción (uds/hora)						
		$\rho_i$	$c_{ui}$	$t_{ci}$	$\rho_i$						
82102707	82265371	500	0,6865	77,28	1250	50	1050	2800	37,50%		
	82046637	150	1,23335	43,2	1200	200	600	800	75,00%		
	82057878	150	1,23335	47,82	1200	200	600	800	75,00%		
82108093	82034283	160	1,23335	53,78	1200	200	600	1000	60,00%		
	82057878	160	1,23335	57,82	1200	200	600	1000	60,00%		
	8211267	120	0,83245	55,14	1600	500	500	1000	50,00%		
	324110	120	0,78825	40,56	1600	500	500	1000	50,00%		
82135408	82106016	280	1,4205	48,36	1100	300	900	1200	75,00%		
	82106017	280	1,4205	44,16	1100	300	900	1200	75,00%		
82136113	82131716	180	1,4205	36,54	1100	300	600	900	66,67%		
	82131469	180	1,4205	40,44	1100	300	600	900	66,67%		
	82131468	180	1,4205	40,44	1100	300	600	900	66,67%		
82136115	82130311	180	1,4205	43,32	1100	300	600	900	66,67%		
	82046637	150	1,23335	43,2	1200	200	600	800	75,00%		
82137003	82132761	220	1,23335	82,38	1200	200	600	1400	42,86%		
	82303436	220	0,4533	52,74	1800	1500	0	1500	0,00%		
	82230543	100	0,6541	58,02	1600	450	450	900	50,00%		
	82206207	100	0,6332	78,06	1600	450	450	1350	33,33%		
	82357970	180	0,4074	52,98	1600	1500	0	1500	0,00%		
	82357969	100	0,4277	51,3	1600	1500	0	1500	0,00%		
	82321945	50	0,6523	77,28	1600	450	450	900	50,00%		
	82406394	180	1,1178	70,26	1600	1300	0	1300	0,00%		
	82193961	90	2,4932	55,26	1200	1000	0	1000	0,00%		
	82013390	400	0,8026	41,1	1600	1500	1500	1500	100,00%		
	82054800	450	0,8026	43,08	1600	1500	1500	1500	100,00%		
	82062236	800	0,7033	53,46	1600	2000	2000	4000	50,00%		
	82266223	550	0,3643	67,62	2000	5000	0	5000	0,00%		
	82343690	250	0,3912	40,56	1800	2500	0	2500	0,00%		
	82343310	250	0,3912	41,88	1800	2500	0	2500	0,00%		
	82106330	250	0,5234	37,24	1100	1000	1000	2000	50,00%		
	82175114	370	0,6654	32,46	1100	300	900	1500	60,00%		
	82175117	360	0,6323	33,84	1100	300	900	1800	50,00%		
	82273503	100	0,5434	48,66	1500	600	600	1200	50,00%		
	82273136	100	0,5417	36,36	1500	600	600	1200	50,00%		
	82396922	400	0,3955	82,44	1400	4000	0	4000	0,00%		
70006314	82413846	450	0,4137	60	1400	700	700	3500	20,00%		
	82413839	450	0,4137	60	1400	700	700	3500	20,00%		
70007235	82455117	650	0,4263	60	1400	700	1400	4200	33,33%		
	82455197	650	0,4263	60	1400	700	1400	4200	33,33%		
	82455212	700	0,414	60	1400	700	1400	4200	33,33%		
	82427621	190	0,435	42	1400	1000	1000	2000	50,00%		
	82427622	200	0,435	42	1400	1000	1000	2000	50,00%		
	82419503	20	0,48	37	1400	500	0	500	0,00%		
	82422750	15	0,48	37	1400	500	0	500	0,00%		
	82431463	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%		
	82431464	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%		
	82418733	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%		
	82418736	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%		
	82418712	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%		
	82418713	10	0,52	40,5	1400	500	0	500	0,00%		
	82505324	125	0,65	37	1400	1000	1000	1000	100,00%		
									37,75%		

Ilustración 56 Escenario 3, máquina 76 (Fuente: Elaboración propia)

Al aumentar la capacidad en este escenario, han crecido algunos niveles de stock mínimo de determinadas referencias al tener mayor capacidad para realizar cambios de lote. El stock máximo en cambio, ha disminuido en algún producto, sin embargo, no se observan grandes diferencias con respecto al segundo escenario.

### 8.4 Selección de Estado Futuro

Una vez planteados diferentes escenarios en el apartado anterior, ahora es necesario escoger qué alternativa será la definitiva, tanto para fijar un procedimiento de planificación de la producción, como para un posterior diseño de layout, tratándose esto último para los productos fabricados en las máquinas 76 y 62.

En la siguiente tabla, se puede observar la diferencia entre los distintos escenarios planteados para cada una de las máquinas, teniendo en cuenta los parámetros de entrada B y C.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Máquina 41	C=97% B=25.000 Smin/Smax= 5,59%	C=97% B=35.000 Smin/Smax= 30,09%	C=97% B=45.000 Smin/Smax= 50,60%
Máquina 62	C=70% B=25.000 Smin/Smax= 19,37%	C=80% B=25.000 Smin/Smax= 44,43%	C=90% B=25.000 Smin/Smax= 55,39%
Máquina 76	C=80% B=34.000 Smin/Smax= 0%	C=85% B=50.000 Smin/Smax= 30,33%	C=90% B=50.000 Smin/Smax= 37,75%

Tabla 61. Comparativa de los distintos escenarios para las tres máquinas (Fuente: Elaboración propia)

Para escoger qué alternativa es más adecuada para cada máquina, se fijarán tres criterios:

- Criterio 1 (Capacidad): Las alternativas con menos capacidad tendrán más posibilidades respecto a las otras, debido a que hay más margen de reacción si ocurriesen acontecimientos inesperados como pueden ser averías o mantenimiento de máquina. Este criterio estará ponderado con un 0,35.
- Criterio 2 (Smin/Smax): Se fijará como criterio que, las alternativas que tengan una relación promedio para todas sus referencias entre el stock mínimo y el máximo del 30%, tendrán más posibilidades de ser escogidas. Este criterio estará ponderado con un 0,45
- Criterio 3 (B): Los escenarios que destinen menos unidades monetarias para inventariar, tendrán ventaja respecto a las otras. Este criterio estará ponderado con un 0,2.

PONDERACIÓN DE CRITERIOS				
	Capacidad	Smin/Smax	B(€)	
Capacidad	1,00	0,77	1,75	
Smin/Smax	1,30	1,00	2,25	
B(€)	0,57	0,44	1,00	
Suma	2,87	2,21	5,00	
Matriz normalizada				
Capacidad	0,35	0,35	0,35	Media geométrica 0,35
Smin/Smax	0,45	0,45	0,45	0,45
B(€)	0,20	0,20	0,20	0,20

Tabla 62. Ponderación de criterios para la selección de alternativas (Fuente: Elaboración propia)

#### 8.4.1 Máquina 41

Por lo que se comenzará por la máquina 41. En esta prensa, la capacidad es la misma para los tres escenarios, por lo que no tendrá influencia en la toma de la decisión, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

1. Capacidad (C)				
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
Escenario 1	1,00	1,00	1,00	
Escenario 2	1,00	1,00	1,00	
Escenario 3	1,00	1,00	1,00	
Suma	3,00	3,00	3,00	
Matriz normalizada				
Escenario 1	0,33	0,33	0,33	Media geométrica 0,33
Escenario 2	0,33	0,33	0,33	0,33
Escenario 3	0,33	0,33	0,33	0,33

Tabla 63. Valoración del criterio capacidad máquina 41 (Fuente: Elaboración propia)

El siguiente criterio a valorar (Smin/Smax), premia una relación del 30%. Como se puede observar, el segundo escenario está justamente en este valor, por lo que será el mayor beneficiado en este apartado. En segundo lugar, se encuentra el escenario 3, aunque con un 50% de relación, se encuentra bastante lejos del segundo escenario. Por último, el primer escenario deja una relación entre Smin y Smax de solamente el 5,59%, indicando que no habría prácticamente stock, y probablemente, cuando las referencias se encuentren en punto de lanzamiento, sea demasiado tarde para llegar a cumplir con la demanda del cliente.

2. Smin/Smax				
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
Escenario 1	1,00	0,17	0,33	
Escenario 2	6,00	1,00	3,00	
Escenario 3	3,00	0,33	1,00	
Suma	10,00	1,50	4,33	
Matriz normalizada			Media geométrica	
Escenario 1	0,10	0,11	0,08	0,09
Escenario 2	0,60	0,67	0,69	0,65
Escenario 3	0,30	0,22	0,23	0,25

Tabla 64. Valoración del criterio Smin/Smax máquina 41 (Fuente: Elaboración propia)

El último parámetro a valorar es la cantidad de inmovilizado, donde se valora más una menor cantidad de este. En este caso, las tres alternativas planteadas van en orden creciente en cuanto al parámetro B, por lo que la ordenación de las mismas quedará de la siguiente manera: el más valorado será el primer escenario, le seguirá el segundo y se finalizará con la tercera propuesta, aportando los resultados descritos en la tabla.

3. B (€)				
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
Escenario 1	1,00	3,00	5,00	
Escenario 2	0,33	1,00	3,00	
Escenario 3	0,20	0,33	1,00	
Suma	1,53	4,33	9,00	
Matriz normalizada			Media geométrica	
Escenario 1	0,65	0,69	0,56	0,63
Escenario 2	0,22	0,23	0,33	0,26
Escenario 3	0,13	0,08	0,11	0,10

Tabla 65. Valoración del criterio B (inventario en €) máquina 41 (Fuente: Elaboración propia)

Poniendo todo en común, se aprecia que los escenarios 1 y 3 están muy parejos en cuanto a valoración global, pero bastante por debajo de la segunda alternativa, por la que ésta será la que fije los stocks mínimos y máximos de la máquina 41.

	Capacidad	Smin/Smax	B(€)	RESULTADO
Escenario 1	0,33	0,09	0,63	<b>0,29</b>
Escenario 2	0,33	0,65	0,26	<b>0,46</b>
Escenario 3	0,33	0,25	0,10	<b>0,25</b>
Ponderación	0,35	0,45	0,20	

Tabla 66. Resultado de escenario más favorable habiendo utilizado AHP (Fuente: Elaboración propia)

#### 8.4.2 Máquina 62

Para la máquina 62 se va a seguir aplicando el mismo criterio de decisión que para la máquina 41. En primer lugar, se valora la capacidad utilizada en la alternativa, siendo mejor un menor uso de capacidad ya que da margen de maniobra en caso de imprevistos. En este caso el escenario 1 es claramente el dominador en este criterio de ponderación ya que fue la iteración que menor uso hizo de la capacidad.

1. Capacidad (C)				
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
Escenario 1	1,00	3,00	5,00	
Escenario 2	0,33	1,00	3,00	
Escenario 3	0,20	0,33	1,00	
Suma	1,53	4,33	9,00	
Matriz normalizada			Media geométrica	
Escenario 1	0,65	0,69	0,56	0,63
Escenario 2	0,22	0,23	0,33	0,26
Escenario 3	0,13	0,08	0,11	0,10

Tabla 67. Valoración del criterio capacidad máquina 62 (Fuente: Elaboración propia)

Pasando a la relación entre  $S_{min}$  y  $S_{max}$ , se puede ver cómo la diferencia entre el primer escenario (19%) y el segundo (44%), es escasa en cuanto al 30% marcado como criterio, por lo que a las dos alternativas se las calificará de la misma manera. Un poco más alejado (55%), se encuentra el tercer escenario, siendo el más penalizado en este apartado.

2. $S_{min}/S_{max}$				
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
Escenario 1	1,00	1,00	3,00	
Escenario 2	1,00	1,00	3,00	
Escenario 3	0,33	0,33	1,00	
Suma	2,33	2,33	7,00	
Matriz normalizada			Media geométrica	
Escenario 1	0,43	0,43	0,43	0,43
Escenario 2	0,43	0,43	0,43	0,43
Escenario 3	0,14	0,14	0,14	0,14

Tabla 68. Valoración del criterio  $S_{min}/S_{max}$  máquina 62 (Fuente: Elaboración propia)

Terminando con el parámetro B, al tener una capacidad grande en la máquina se ha limitado a 25.000 € el producto a inventariar en los tres supuestos, con lo que, como se puede observar en la tabla, no tiene repercusión en la decisión final.

3. B (€)				
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
Escenario 1	1,00	1,00	1,00	
Escenario 2	1,00	1,00	1,00	
Escenario 3	1,00	1,00	1,00	
Suma	3,00	3,00	3,00	
Matriz normalizada			Media geométrica	
Escenario 1	0,33	0,33	0,33	0,33
Escenario 2	0,33	0,33	0,33	0,33
Escenario 3	0,33	0,33	0,33	0,33

Tabla 69. Valoración del criterio B (inventario en €) máquina 62 (Fuente: Elaboración propia)

Todo esto da como alternativa dominante al escenario 1, ya que fue el planteamiento realizado con menor capacidad, por lo que se utilizarán sus stocks mínimos y máximos para planificar la producción y para el diseño del layout de producto terminado.

	Capacidad	Smin/Smax	B(€)	RESULTADO
Escenario 1	0,63	0,43	0,33	<b>0,48</b>
Escenario 2	0,26	0,43	0,33	<b>0,35</b>
Escenario 3	0,10	0,14	0,33	<b>0,17</b>
Ponderación	0,35	0,45	0,20	

Tabla 70. Resultado de escenario más favorable habiendo utilizado AHP máquina 62 (Fuente: Elaboración propia)

### 8.4.3 Máquina 76

Para terminar, comienza el criterio de decisión para la máquina 76. En cuanto a capacidad, se ha ido incrementando en cada uno de los escenarios, por lo que la primera alternativa (C=80%), cobra ventaja sobre la segunda (C=85%) y la tercera (C=90%).

1. Capacidad (C)			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Escenario 1	1,00	2,00	3,00
Escenario 2	0,50	1,00	2,00
Escenario 3	0,33	0,50	1,00
Suma	1,83	3,50	6,00
Matriz normalizada			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Escenario 1	0,55	0,57	0,50
Escenario 2	0,27	0,29	0,33
Escenario 3	0,18	0,14	0,17
Media geométrica			
Escenario 1	0,54		
Escenario 2	0,30		
Escenario 3	0,16		

Tabla 71. Valoración del criterio capacidad máquina 76 (Fuente: Elaboración propia)

En el caso del segundo criterio, donde se prioriza la relación Smin/Smax, la primera alternativa queda claramente perjudicada ya que no dispone de stocks mínimos. En este caso, el segundo escenario será el más beneficiado ya que justamente su Smin/Smax ronda el 30%. La tercera alternativa tampoco se queda lejos (37%), aunque sale algo peor parado que el segundo escenario.

2. Smin/Smax			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Escenario 1	1,00	0,14	0,17
Escenario 2	7,00	1,00	2,00
Escenario 3	6,00	0,50	1,00
Suma	14,00	1,64	3,17
Matriz normalizada			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Escenario 1	0,07	0,09	0,05
Escenario 2	0,50	0,61	0,63
Escenario 3	0,43	0,30	0,32
Media geométrica			
Escenario 1	0,07		
Escenario 2	0,58		
Escenario 3	0,35		

Tabla 72. Valoración del criterio Smin/Smax máquina 76 (Fuente: Elaboración propia)

Hablando de inmovilizado, la alternativa que predomina sobre las otras es la primera, siendo su parámetro B de 34.000 unidades monetarias, por las 50.000 de los escenarios 2 y 3, por lo que resultado la más valorada en este criterio.

3. B (€)				
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
Escenario 1	1,00	3,00	3,00	
Escenario 2	0,33	1,00	1,00	
Escenario 3	0,33	1,00	1,00	
Suma	1,67	5,00	5,00	
Matriz normalizada			Media geométrica	
Escenario 1	0,60	0,60	0,60	0,60
Escenario 2	0,20	0,20	0,20	0,20
Escenario 3	0,20	0,20	0,20	0,20

Tabla 73. Valoración del criterio B (inventario en €) máquina 76 (Fuente: Elaboración propia)

Al final, los stocks mínimo y máximo del segundo escenario serán utilizados tanto para planificar la producción, como para el diseño del layout, ya que es la que da un resultado más alto en la valoración global como puede apreciarse en la siguiente tabla.

	Capacidad	Smin/Smax	B(€)	RESULTADO
Escenario 1	0,54	0,07	0,60	<b>0,34</b>
Escenario 2	0,30	0,58	0,20	<b>0,40</b>
Escenario 3	0,16	0,35	0,20	<b>0,25</b>
Ponderación	0,35	0,45	0,20	

Tabla 74. Resultado de escenario más favorable habiendo utilizado AHP máquina 76 (Fuente: elaboración propia)

## 8.5 Diseño del Layout

Una vez calculados los stocks máximos y elegido el escenario que más se adecúa a las necesidades de la empresa, se procede al diseño del layout de producto terminado. En el apartado anterior, donde se procedió a una remodelación del proceso que afecta a la materia prima, se decidió trasladar dicho almacén a la nave contigua de la empresa, lo que conlleva que justo al lado del actual almacén de producto terminado haya más espacio donde alojar referencias, con lo que ese será el lugar donde se alojará el almacén.

El método de proceder para el diseño será sencillo. Después del cálculo de los stocks máximos de las prensas 62 y 76, se calculará cuáles son las unidades de embalaje máximas que ocupará cada producto en el almacén y se le designará una ubicación. Aquellas referencias que tengan más demanda estarán más cerca de la puerta de salida que aquellas cuya demanda sea más esporádica. Cabe destacar que, en cada hueco plasmado en el plano, caben 4 unidades de embalaje.

Se fijará otro criterio de diseño. Si falta una sola unidad de embalaje para rellenar el hueco, se completará con la misma referencia para no causar confusión a los logísticos a la hora de trasladar el material de la prensa a su sitio y para llevar ese producto acabado al camión que se llevará la mercancía. Ejemplo: Si una referencia tiene un stock máximo de 1400 unidades y su tamaño de lote son 200 piezas, se le reservarían 7 plazas en el almacén, es decir un hueco en el almacén y tres cuartas partes más de otro. Con este criterio su stock máximo subiría a 1600 piezas y se cubriría esa unidad de embalaje sobrante hasta llenar dos huecos completos. Resumiendo, se

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

redondeará a unidad par siempre y cuando el stock máximo del producto no sea una única unidad de embalaje.



Ilustración 57. Nueva distribución en planta de Matrices Alcántara (Fuente: Elaboración propia)



Ilustración 58. Resultado en planta del nuevo layout (Fuente: Elaboración propia)



y generaban un gran desorden en el almacén, haciendo perder mucho tiempo al logístico externo cuando tuviera que cargar el camión diario que envía piezas al cliente principal. Por otro lado, el sobre stock existente en las referencias que tenían ubicación en el layout se ha visto reducido, por lo que el problema de espacio ha sido solventado. Quedan bastantes huecos como para poder realizar modificaciones, tener que realizar alguna producción puntual más larga por un pico de demanda, utilizar ese espacio para otros fines, etc. Como se puede ver, el espacio que antes ocupaba el almacén de materia prima ha sido aprovechado también en este layout, aunque no sería necesario, ya que se podría completar sin haberlo necesitado, pero como ya se ha dicho, existe margen para realizar modificaciones. Otro dato importante es, que, en la fila E cuando existen más de dos referencias, se han dejado libres los huecos correspondientes a la fila D, debido a que, con esto, los logísticos externos e internos pueden dejar o extraer las referencias correspondientes sin tener que quitar las unidades embalajes que hubiera en la fila D, perdiendo el mínimo tiempo posible. Esta distribución final se puede encontrar en el plano 5 del anexo v del proyecto. Con todo esto, los stocks máximos de las referencias correspondientes a las prensas 62 y 76 finales son los siguientes:

KIT	Producto	Lote	Nuevo stock máximo	Uds de embalaje
	82339425	125	2000	16
82167043	82157264	200	2400	12
	82157412	200		
	82132761	200	1600	8
82167555	82163218	200	1600	8
	82163219	200		
	82175175	300	2400	8
	82455212	700	5600	8
82108093	82034289	200	1200	6
	82057878	200		
82137003	82046697	200	1200	6
	82175114	300		
70007235	82455177	700	4200	6
	82455197	700		
82173457	82168711	200	1200	6
	82157264	200		
	82241265	250	1500	6
	82241266	250	1500	6
82102707	82046697	200	1200	6
	82057878	200		
70006314	82413846	700	4200	6
	82413839	700		
	82161829	400	1600	4
	82161830	400	1600	4
	82161831	400	1600	4
	82161832	400	1600	4
	82261862	400	1600	4
82135408	82106016	300	1200	4
	82106017	300		

Ilustración 62. Nuevos stocks máximos de las máquinas 62 y 76 (Fuente: Elaboración propia)

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

KIT	Producto	Lote	Nuevo stock máximo	Uds de embalaje
	82130911	300	1200	4
	82262318	400	1600	4
	82269100	250	1000	4
	82269123	259	1000	4
	82376671	600	2400	4
	82187416	500	2000	4
82136113	82131176	300	1200	4
	82131468	300	0	
82136115	82131468	300	1200	4
	82230543	450	0	
	82206207	450	1800	4
	82193646	400	800	2
	82193664	400	800	2
	82220635	400	800	2
	82220641	400	800	2
	82376668	400	800	2
	82376669	600	1200	2
	82365748	400	800	2
	82365746	400	800	2
	82370303	500	1000	2
	82423565	1000	2000	2
	70004909	500	1000	2
	82054569	500	1000	2
	82054581	500	1000	2
	82111267	500	1000	2
	324110	500	1000	2
	82321945	450	900	2
	82054800	1500	3000	2
	82062296	2000	4000	2

Ilustración 63. Nuevos stocks máximos de las máquinas 62 y 76 (Fuente: Elaboración propia)

Producto	Lote	Nuevo stock máximo	Uds de embalaje
82101630	1000	2000	2
82279503	600	1200	2
82279736	600	1200	2
82427621	1000	2000	2
82427622	1000	2000	2
82376779	600	600	1
82409055	1000	1000	1
82409096	1000	1000	1
82218962	700	700	1
82234950	700	700	1
82386747	1000	1000	1
82386748	1000	1000	1
82386749	1000	1000	1
82386750	1000	1000	1
82303436	1500	1500	1
82357970	1500	1500	1
82357969	1500	1500	1
82406994	1300	1300	1
82199961	1000	1000	1
82013990	1500	1500	1
82266229	5000	5000	1
82343690	2500	2500	1
82343910	2500	2500	1
82396922	4000	4000	1
82419503	500	500	1
82422750	500	500	1
82431463	500	500	1
82431464	500	500	1
82418733	500	500	1
82418736	500	500	1
82418772	500	500	1
82418773	500	500	1
82505924	1000	1000	1

Ilustración 64. Nuevos stocks máximos de las máquinas 62 y 76 (Fuente: Elaboración propia)

En el próximo apartado se procederá a realizar una comparación monetaria entre el stock máximo con este nuevo diseño y el stock máximo que existía anteriormente. Esto se hará con un histórico en el ERP, ya que, no todas las referencias ubicadas en esta nueva disposición están plasmadas en el antiguo layout.

Para ver con más detalle los planos mencionados, se puede consultar el anexo v al final del proyecto.

## 8.6 Comparación del inmovilizado

Se procede a realizar una comparación entre el antes y el después de los layouts con el objetivo de saber cuál es la cantidad de inmovilizado que se ha perdido o ganado. Es cierto que no se puede conocer a ciencia cierta cuál es esa ganancia ya que el diseño inicial de la planta no correspondía con la realidad debido a que había muchas referencias que se fabricaban y no tenían ubicación, por lo que, en una primera comparativa se va a enfrentar el stock máximo en el último año de las

referencias escogidas con el stock máximo establecido después de realizar el estudio. Además de esto, se comparará también la variación en los productos que sí tenían ubicación con respecto al nuevo diseño realizado. La comparación visual se puede realizar apreciando los planos 1 y 3 del anexo v.

La tabla 85, que se encuentra en el anexo iv del presente documento, muestra un resumen de todo el trabajo realizado. La comparación entre el inventario antes y después, multiplicando cada unidad da unos 90.000 € de diferencia entre la antigua disposición y la nueva. Esto indica que previamente existía sobreproducción y la empresa utilizaba recursos que no podría rentabilizar en el corto plazo, ya que en posteriores meses a la introducción de la nueva distribución, no se faltó a la entrega del cliente. Además de contribuir a bajar el nivel de los almacenes de producto terminado, se fija un método para la planificación de producción, dejando claro cuándo lanzar una orden y en qué cantidad.

## 8.7 Plan de Formación

Como pasaba con el cambio en el layout de materias primas, la formación irá destinada en este caso tanto a los logísticos internos como externos.

REFERENCIA	UBICACIÓN	REFERENCIA	UBICACIÓN	REFERENCIA	UBICACIÓN
324110	C15	82187416	E12	82370303	E14
70004909	E15	82193646	B13	82376668	C14
70006374	B9,C9	82193664	B13	82376669	C14
70007235	B7	82199961	B17	82376671	D12
82013990	C18	82206207	C13	82376779	E16
82054569	E15	82218962	E17	82386747	E17
82054581	D15	82220635	B14	82386748	C17
82054800	B15	82220641	B14	82386749	C17
82062296	B15	82234950	E17	82386750	C17
82101630	B16	82241265	D8,E9	82396922	B18
82102707	D9	82241266	E8,E9	82406994	B17
82102707	C9	82261862	E11	82409055	E16
82108093	D7,E7	82262318	B11	82409096	E17
82111267	D15	82266229	C18	82418733	E18
82130911	C11	82269100	B12	82418736	E18
82132761	B5,C5	82269123	C12	82418772	E18
82135408	D11	82279503	B16	82418773	E19
82136113	D13	82279736	C16	82419503	B18
82136115	E13	82303436	C17	82422750	B18
82137003	C7	82321945	C15	82423565	E14
82137003	B8,D7	82339425	B3,C3,D3,E3	82427621	C16
82161829	B10	82343690	C18	82431463	B18
82161830	C10	82343910	C18	82431464	E18
82161831	D10	82357969	B17	82455212	B6,C6
82161832	E10	82357970	B17	82476622	E16
82167555	D5,E5	82365746	D14	82505924	E19
82173457	B8,C8	82365748	D14		
82175175	D6,E6	82367043	C4,D4,E4		

Ilustración 65. Hoja modelo de nueva ubicación de materia prima (Fuente: Elaboración propia)

## 8.8 Diseño de herramienta de planificación de producción

Después de, en el apartado anterior, haber obtenido los stocks mínimos y máximos para cada referencia de cada máquina, se procederá al diseño de una herramienta Excel que, de forma automática, sea capaz de calcular la cantidad de producto que es necesario fabricar y cuándo hacerlo.

Para ello, para cada máquina, se empezará por rellenar una tabla base de datos de todos los productos que se fabriquen en cada una de ellas como la que se puede ver en las ilustraciones 66 y 67.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

De izquierda a derecha, en la ilustración 66, se tiene el nombre del proyecto, la referencia y una columna llamada deshaciendo kits. Un kit es una unidad de embalaje donde se encuentran alojadas dos piezas diferentes que posteriormente, el cliente ensamblará. Por contrato es necesario embalarlas de esa manera, sin embargo, a la hora de planificar la producción es conveniente separarlas ya que puede haber diferentes kits en los que una de sus dos referencias sea igual a la de otro kit, de ahí la razón de la existencia de esa columna. Después se tiene la columna unidad de carga, donde se muestra la unidad de embalaje correspondiente a cada referencia, las piezas por unidad de carga y el valor en euros de cada pieza.

Continuando con la tabla en la ilustración 67, se plasman datos ya obtenidos en el diseño de la hoja Excel para el cálculo de lotes: tiempo de preparación, ritmo de producción, stock mínimo redondeado a la unidad de embalaje y stock máximo.

Proyecto	Referencia	Deshaciendo Kits	Unidad de Carga	Piezas Ud/Carga	Valor Euros Pieza
MCA INTERIOR GI-4426	70004839	82374467	KIT	200	0,626
		82374468	KIT	200	0,626
	70004909	82370304	KIT	500	0,626
		82370305	KIT	500	0,626
		82100851	MINI	500	0,8122
		82111267	MINI	500	0,89245
		82187416	MINI	500	0,604
		82218962	GIBO	700	0,6495
		82234950	GIBO	700	0,6495
		82365746	GIBO	500	0,6265
		82365748	GIBO	1000	0,6265
		82370303	GIBO	500	0,6135
		82374466	MINI	500	0,6585

Ilustración 66. Tabla base de datos parte 1 (Fuente: Elaboración propia)

Tiempo preparación(Horas)	Ritmo producción piezas	Stock Mínimo	Stock Máximo
0,82	1600	600	2000
0,797	1600	600	2000
1,163	1695	500	2000
0,797	1695	500	2000
0,82	1600	500	1500
1,373	1600	500	1500
0,536	1600	500	2000
1,006	1700	700	1400
0,559	1700	700	1400
0,674	1600	500	1000
0,822	1600	0	1000
0,674	1600	500	1500
1,288	1600	500	1500

Ilustración 67. Tabla base de datos parte 2 (Fuente: Elaboración propia)

El siguiente paso en la plantilla es cargar la demanda. A Matrices Alcántara llega un Excel diario por parte de su principal cliente en el que se detallan cuáles son las piezas que deberá suministrar. Para tenerlo ordenado, se vinculará esa hoja Excel diaria con la plantilla de planificación para tener presente cuál es la demanda próxima y así realizar cálculos de cara a lanzar órdenes de producción. En la ilustración 68 se puede apreciar de qué manera está distribuida la demanda de cada referencia.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

DEMANDA PREVISTA	Referencia	Deshaciendo Kits	30-7	31-7	1-8
LAND ROVER EXT 494	82102707	82046697	0	1000	0
LAND ROVER EXT 494	82102707	82057878	0	1000	0
LAND ROVER EXT 494	82108093	82034289	0	200	0
LAND ROVER EXT 494	82108093	82057878	0	200	0
LAND ROVER EXT 494	82137003	82046697	0	0	1400
LAND ROVER EXT 494	82137003	82132761	0	0	1400
LAND R. EXT. 4567	82135408	82106017	0	0	0
LAND R. EXT. 4567	82135408	82106016	0	0	0
LAND R. EXT. 4567	82136113	82131176	0	0	0
LAND R. EXT. 4567	82136113	82131468	0	0	0
LAND R. EXT. 4567	82136115	82130911	0	0	0
LAND R. EXT. 4567	82136115	82131468	0	0	0

Ilustración 68. Tabla con demanda por producto (Fuente: Elaboración propia)

Con los datos presentados en las ilustraciones anteriores, empieza el cálculo de la planificación de la producción. En la herramienta habrá cuatro grandes bloques: inventario, carga de máquina, material de producción y producción.

En el apartado inventario, para cada fecha, se intenta plasmar cuál será el stock de la referencia escogida en función de lo que se va a producir y la demanda que exista. Para ello, en el que sería el día actual, al stock actual se suma lo que se planea producir y se resta la demanda de ese día. Para el día siguiente, el inventario se calcularía con el inventario del día anterior más la producción planificada menos la demanda del día, y así se operaría en los días sucesivos. Existirán alertas visuales indicando si se está por debajo del stock mínimo (color naranja) o si el stock disponible menos la demanda para el día en concreto es inferior a cero (color rojo).

	Proyecto	Referenc	Deshaciendo Kits	30-7	31-7	1-8	2-8	3-8
INVENTARIO	LAND ROVER EXT 494	82102707	82046697	1600	600	600	600	600
INVENTARIO	LAND ROVER EXT 494	82102707	82057878	1600	600	600	600	600
INVENTARIO	LAND ROVER EXT 494	82108093	82034289	1600	1400	1400	1400	1000
INVENTARIO	LAND ROVER EXT 494	82108093	82057878	1600	1400	1400	1400	1000
INVENTARIO	LAND ROVER EXT 494	82137003	82046697	1400	1400	0	1600	1600
INVENTARIO	LAND ROVER EXT 494	82137003	82132761	1400	1400	0	1600	1600
INVENTARIO	LAND R. EXT. 4567	82135408	82106017	2100	2100	2100	2100	2100
INVENTARIO	LAND R. EXT. 4567	82135408	82106016	2100	2100	2100	2100	2100
INVENTARIO	LAND R. EXT. 4567	82136113	82131176	1500	1500	1500	600	2400
INVENTARIO	LAND R. EXT. 4567	82136113	82131468	1500	1500	1500	600	600
INVENTARIO	LAND R. EXT. 4567	82136115	82130911	1800	1800	1800	900	2400
INVENTARIO	LAND R. EXT. 4567	82136115	82131468	1800	1800	1800	900	900
INVENTARIO	9 LAMAS	82265371	82265371	5426	4226	3026	1826	-574
INVENTARIO	M9T	82175114	82175114	1886	1886	1886	1886	1886

Ilustración 69. Bloque inventario en la herramienta de planificación (Fuente: Elaboración propia)

El siguiente bloque a analizar es el de producción. La condición para producir es que el inventario del día correspondiente sea igual o inferior al stock mínimo, de manera que se fabricará la diferencia entre el stock restante al stock máximo. Si no se cumple esta condición, no se producirá nada. En la ilustración 70 se puede apreciar visualmente cómo está diseñado el bloque.

	Proyecto	Referencia	Deshaciendo Kits	30-7	31-7	1-8	2-8	3-8
PRODUCCIÓN	LAND ROVER EXT 494	82102707	82046697	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN	LAND ROVER EXT 494	82102707	82057878	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN	LAND ROVER EXT 494	82108093	82034289	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN	LAND ROVER EXT 494	82108093	82057878	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN	LAND ROVER EXT 494	82137003	82046697	0	0	0	1600	0
PRODUCCIÓN	LAND ROVER EXT 494	82137003	82132761	0	0	0	1600	0
PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82135408	82106017	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82135408	82106016	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82136113	82131176	0	0	0	0	1800
PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82136113	82131468	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82136115	82130911	0	0	0	0	1500
PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82136115	82131468	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN	9 LAMAS	82265371	82265371	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN	M9T	82175114	82175114	0	0	0	0	0

Ilustración 70. Bloque producción en la herramienta de planificación (Fuente: Elaboración propia)

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

Ahora se pasa a analizar el bloque carga de máquina. Es meramente informativo e indica el tiempo que la máquina estará ocupada cuando se fabrique algo. Para ello se divide el número de piezas a producir por el ritmo de producción y se sumará el tiempo de preparación de la referencia correspondiente. El aspecto visual se puede apreciar en la ilustración 71.

	Proyecto	Referencia	Deshaciendo Kits	30-7	31-7	1-8	2-8	3-8
CARGA DE MÁQUINA	LAND ROYER EXT 494	82102707	82046697	0	0	0	0	0
CARGA DE MÁQUINA	LAND ROYER EXT 494	82102707	82057878	0	0	0	0	0
CARGA DE MÁQUINA	LAND ROYER EXT 494	82108093	82034289	0	0	0	0	0
CARGA DE MÁQUINA	LAND ROYER EXT 494	82108093	82057878	0	0	0	0	0
CARGA DE MÁQUINA	LAND ROYER EXT 494	82137003	82046697	0	0	0	2,194148795	0
CARGA DE MÁQUINA	LAND ROYER EXT 494	82137003	82132761	0	0	0	2,602060981	0
CARGA DE MÁQUINA	LAND R. EXT. 4567	82135408	82106017	0	0	0	0	0
CARGA DE MÁQUINA	LAND R. EXT. 4567	82135408	82106016	0	0	0	0	0
CARGA DE MÁQUINA	LAND R. EXT. 4567	82136113	82131176	0	0	0	0	2,607723827
CARGA DE MÁQUINA	LAND R. EXT. 4567	82136113	82131468	0	0	0	0	0
CARGA DE MÁQUINA	LAND R. EXT. 4567	82136115	82130911	0	0	0	0	2,513004527
CARGA DE MÁQUINA	LAND R. EXT. 4567	82136115	82131468	0	0	0	0	0
CARGA DE MÁQUINA	M9T	82175114	82175114	0	0	0	0	0

Ilustración 71. Bloque carga de máquina en la herramienta de producción (Fuente: Elaboración propia)

Por último, está el material de producción empleado a la hora de fabricar, calculado a partir de las unidades que aparecen en el bloque de producción multiplicado por el peso por pieza. Se puede ver en la ilustración 72.

	Referencia	Deshaciendo Kits	30-7	31-7	1-8	2-8	3-8
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND ROYER EXT 494	82102707	82046697	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND ROYER EXT 494	82102707	82057878	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND ROYER EXT 494	82108093	82034289	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND ROYER EXT 494	82108093	82057878	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND ROYER EXT 494	82137003	82046697	0	0	0	1384
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND ROYER EXT 494	82137003	82132761	0	0	0	1384
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82135408	82106017	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82135408	82106016	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82136113	82131176	0	0	0	1557
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82136113	82131468	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82136115	82130911	0	0	0	1297,5
MATERIAL PRODUCCIÓN	LAND R. EXT. 4567	82136115	82131468	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	9 LAMAS	82265371	82265371	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	M9T	82175114	82175114	0	0	0	0

Ilustración 72. Bloque material de producción en la herramienta de producción (Fuente: Elaboración propia)

La forma de proceder propuesta a la hora de la planificación de producción es filtrar matriz por matriz como se puede apreciar en la ilustración 73, y observando cuál es la cantidad a producir de las referencias de cada matriz para minimizar los cambios de lote.

	Proyecto	Referencia	Deshaciendo Kits	Nº Matriz	30-7	31-7	1-8	2-8	3-8
INVENTARIO	C519	70007235	82455177	MA00092	8688	7512	6308	5132	5132
INVENTARIO	C519	70007235	82455197	MA00092	8688	7512	6308	5132	5132
INVENTARIO	C519	82455212	82455212	MA00092	3000	3000	51	3500	3500
PRODUCCIÓN	C519	70007235	82455177	MA00092	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN	C519	70007235	82455197	MA00092	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN	C519	82455212	82455212	MA00092	0	0	0	3449	0
CARGA DE MÁQUINA	C519	70007235	82455177	MA00092	3	0	0	0	0
CARGA DE MÁQUINA	C519	70007235	82455197	MA00092	3	0	0	0	0
CARGA DE MÁQUINA	C519	82455212	82455212	MA00092	0	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	C519	70007235	82455177	MA00092	0	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	C519	70007235	82455197	MA00092	0	0	0	0	0
MATERIAL PRODUCCIÓN	C519	82455212	82455212	MA00092	0	0	0	781,136418	0

Ilustración 73 Forma de actuación con la herramienta de planificación filtrando por matriz (Fuente: Elaboración propia)

## 8.9 Diseño del proceso

En este apartado, se han descrito una serie de cambios en todo el proceso de producción, afectando a distintos cargos dentro de la empresa. El primer cambio es apreciado en la toma de decisión por parte del planificador de la producción, ya que, con este nuevo diseño, sabe cuándo

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

tiene que lanzar a fabricar una referencia, dado si un producto ha llegado a su stock mínimo, y además, es conecedor de la cantidad exacta a producir, habiendo fijado los stocks máximos, con lo que gracias a esta decisión, el almacén de producto terminado estará en todo momento en orden y no se producirán piezas de más. Todo el proceso de decisión que experimenta el planificador de producción se puede observar en el siguiente BPMN.

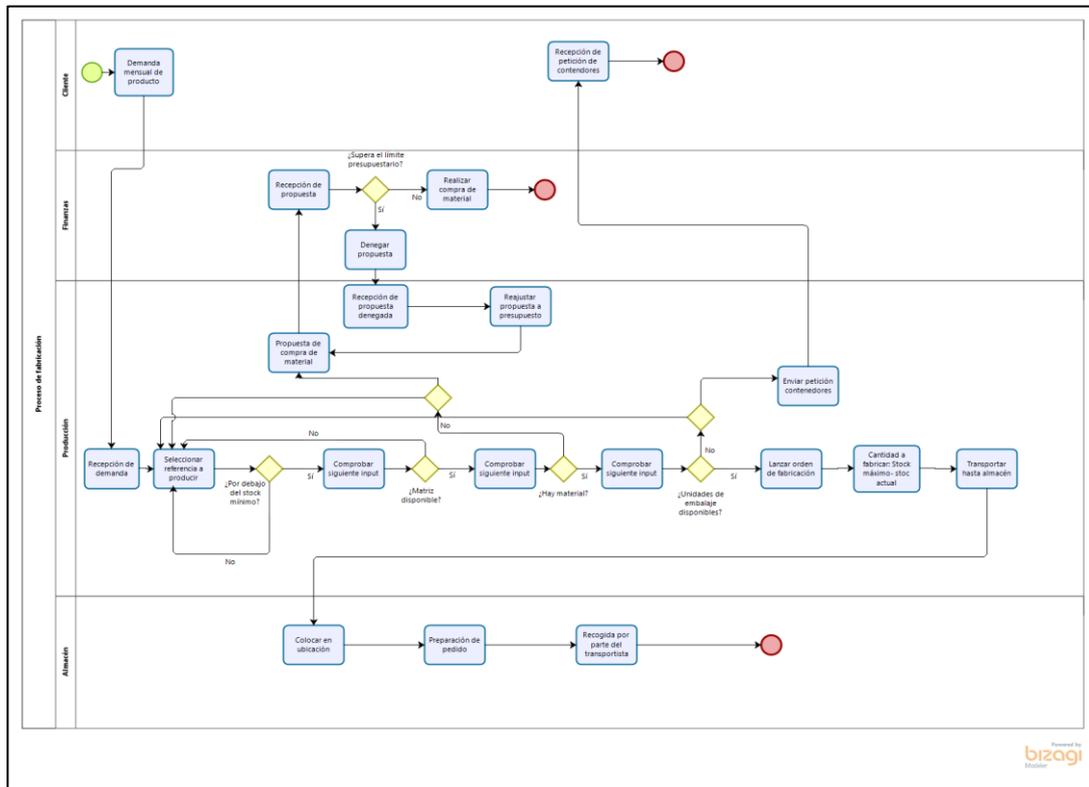


Ilustración 74. Nuevo proceso de decisión del planificador de producción (Fuente: Elaboración propia)

Todo este proceso en el cambio de toma de decisión del planificador de producción, genera un cambio en cuanto al análisis general del proceso, plasmado en el Value Stream Map del capítulo de análisis de procesos. Con esta nueva propuesta no se lanzarán órdenes de producción hasta que la referencia en cuestión se encuentre en el nivel de stock mínimo, generando un sistema pull. Este cambio da lugar a un Kanban de producción que queda plasmado en la siguiente ilustración.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

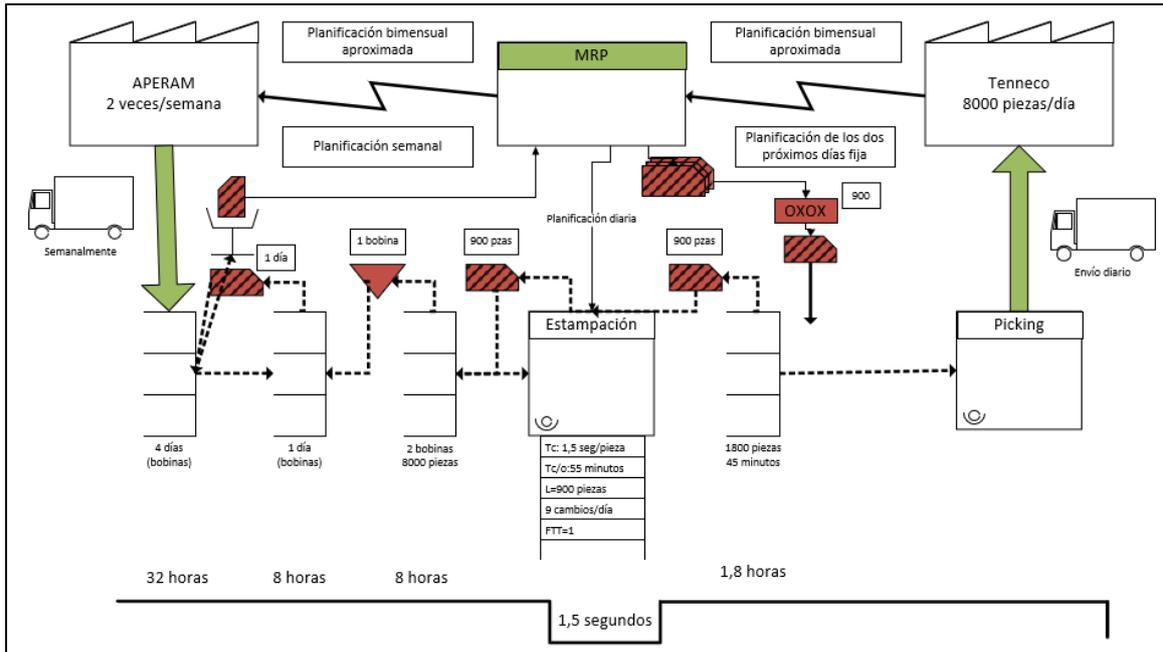


Ilustración 75. VSM con la implementación del kanban de producción (Fuente: Elaboración propia)

Aparte del planificador de producción, los logísticos también serán partícipes de este nuevo proceso. Su función en este caso será similar, sin embargo, deberán estar preparados ante las nuevas ubicaciones de los productos terminados.

En la siguiente ilustración se puede observar lo que hace cada uno de ellos. Con el recorrido azul se pretende representar a los logísticos externos, encargados de llevar el producto terminado desde las prensas hasta el nuevo almacén de producto terminado. Con el recorrido verde se representa el desplazamiento del logístico externo, similar al que realizaba anteriormente, encargado de cargar las piezas en el camión que las llevará al cliente.

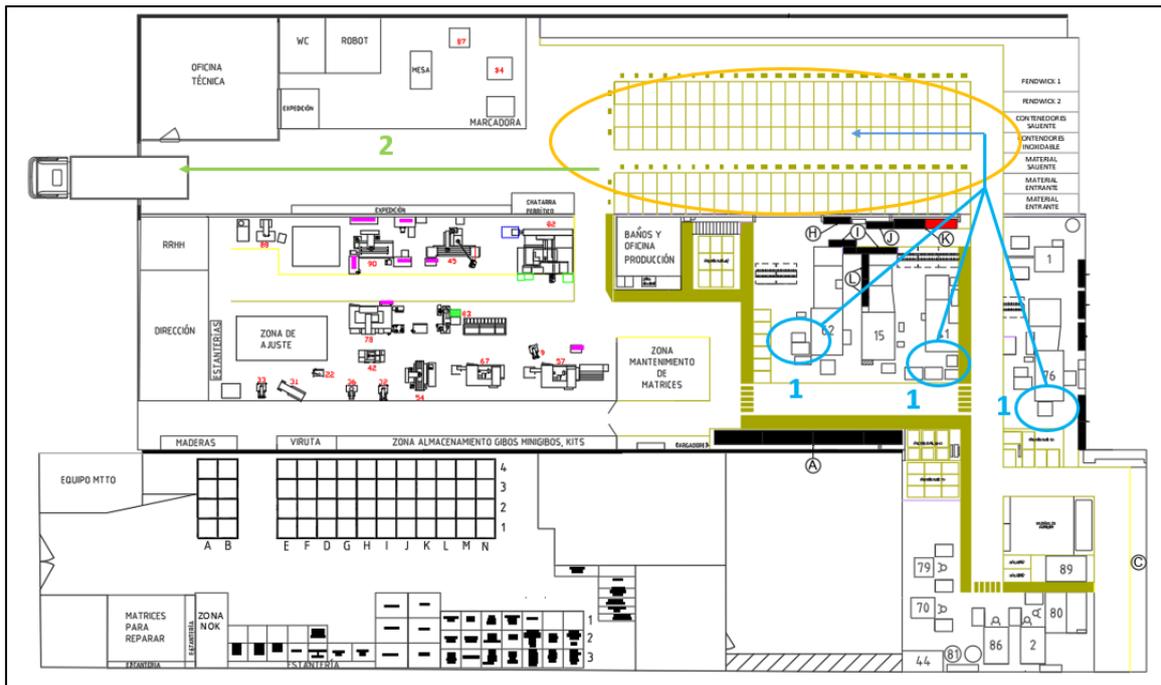


Ilustración 76. Layout final indicando el flujo que recorre el producto desde que sale de la empresa, hasta que sale de la empresa, pasando por el almacén (Fuente: Elaboración propia)

## 8.10 Conclusiones

En este capítulo, se ha llevado a cabo la mejora del proceso de producción. Después de realizar el análisis de los productos, se procede a analizar sus demandas, sus tiempos de preparación y, aplicando la teoría de cálculo de lotes presente a lo largo de todo el texto, calcular sus stock máximos y mínimos. Para ello se plantearon tres escenarios distintos con distintos valores de los parámetros de entrada B y C del modelo para ver cuál era el comportamiento en cada una de las prensas. Después, con la técnica de elección multicriterio AHP, se seleccionaron los escenarios más favorables para la compañía y quedaron fijados los stocks mínimos y máximos para cada producto. Con esta base, se puede crear un método de planificación de producción robusto ya que tenemos el punto de lanzamiento de orden (stock mínimo) y la cantidad a fabricar (stock máximo-stock actual). Después de esto, a través de una hoja Excel se crea una herramienta que organiza la demanda de los productos y muestra cuándo y cuánto lanzar en las órdenes de producción en cada prensa a través de los datos hallados y calculados. Con el cálculo de los stocks máximos de las referencias importantes para la compañía se es capaz de rediseñar el layout de producto terminado, generando orden en la planta, y ganando espacio gracias a la reducción de sobreproducción existente, y demostrando con la comparativa entre el inmovilizado anterior y el actual, que existía un exceso de producto en los almacenes ya que desde que la mejora se implantó en la fábrica, nunca se faltó a la entrega de producto al cliente.

## 9 Aplicación de la técnica SMED en la máquina 41

### 9.1 Introducción

Como ya se vio en el apartado anterior, la prensa 41 no se encuentra muy holgada en cuanto a capacidad de máquina se refiere, por tanto, se hace preciso reducir al mínimo el desperdicio que existe en el proceso que incluye a esta máquina. Con todo esto, el punto donde se puede atacar es en el tiempo que se tarda en realizar los cambios de lote por lo que se procederá a la ejecución de la técnica SMED para obtener unos resultados que permitan:

- Reducir el tiempo de cambio de lote en esta prensa
- Aumentar la flexibilidad de cara a la entrega del producto final
- Reducir tamaños de lote y con ello, reducir inventarios.

### 9.2 ¿Por qué?

Como ya se explicó en el segundo apartado del presente proyecto y se recuerda en el gráfico 7, juntando todos los procesos en los que interviene esta prensa, se puede afirmar que está presente en el 54,96% de los productos denominados A. Además de esto, en el capítulo 8, cuando se calcularon los stocks mínimos y máximos de las referencias de cada prensa, se observó que la limitación aquí, estaba en la capacidad empleada, siendo necesario un 97% de la misma para ser capaces de suministrar el grueso de la demanda en jornadas de 8 horas, por lo que si se pudiera disminuir el tiempo de cambio de lote, se dará más tiempo de producción a la prensa, por lo que después de aplicar la técnica SMED, se verá la mejora en términos de capacidad que se ha conseguido.

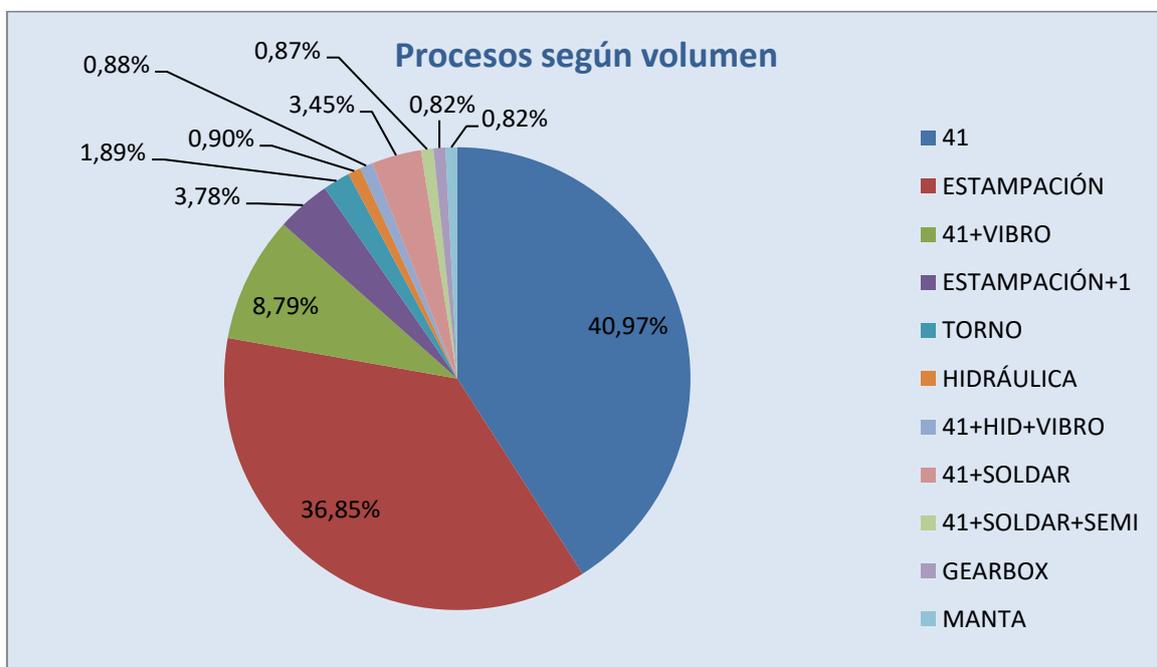


Gráfico 4. Análisis ABC según volumen (Fuente: Elaboración propia)

### 9.3 Separar las diferentes tareas

Habiendo detectado la necesidad de realizar el SMED, se procede a realizar la grabación del cambio de lote en dicha máquina. Aquí aparecen dos personajes principales:

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

- Operario de prensa, encargado de sacar la matriz y colocar la nueva
- Operario logístico, encargado de tener preparado todo lo necesario para el cambio de material en la máquina y realizar la sustitución del mismo

Después de realizar la grabación, se procede a la separación y temporización de las distintas tareas que ejecutan los operarios en el cambio de lote. Se analizarán las acciones antes y durante el cambio de lote diferenciándolas entre:

- Tareas internas
- Tareas externas
- Desperdicio

OPERARIO PRENSA					OPERARIO LOGISTICO						
Nº	Operación	I / E	T.Parcial	Total	Herramienta	Nº	Operación	I / E	T.Parcial	Total	Herramienta
	<b>ANTES DEL CAMBIO</b>						<b>ANTES DEL CAMBIO</b>				
1	Tareas después de la última producción	E	60,00			1	Llevar carrito del fleje	E	10,00	10,00	Aparato de flejar
1.1	Coger pauta de control	E				2	Preparar fleje para bobina saliente	E	47,00	57,00	Fleje
1.2	Apuntar piezas fabricadas en el boletín	E			Bolígrafo	3	Colocar herramientas necesarias al lado de la prensa	E	5,00	62,00	Tenazas
1.3	Colocar etiqueta en minigibo	E			Bolígrafo	4	Esperando a que operario cambie de matriz	D	1080,00	1142,00	
1.4	Apuntar en la orden las piezas realizadas	E			Bolígrafo						
1.5	Apuntar datos en hoja de tiempos	E			Bolígrafo						
2	Realizar fichajes (cierra actual y abre nueva)	I	111	171,00							

Ilustración 77. Tareas a analizar, antes del cambio (Fuente: Elaboración propia)

El operario de prensa antes del cambio realiza sus tareas después de la última producción, consideradas todas como externas, y realiza el fichaje de las piezas realizadas, tarea interna.

Por otra parte, el operario logístico, prepara todos los materiales para realizar el cambio de material (tareas externas) y se queda esperando unos 17 minutos a que el operario de prensa extraiga la matriz, considerando esto como desperdicio.

INICIO DEL CAMBIO											
Nº	Operación	I / E	T.Parcial	Total	Herramienta	Nº	Operación	I / E	T.Parcial	Total	Herramienta
1	Volver al puesto de trabajo	I	40,00			3	Proceso de montaje (82153905)	I	0,00	656,00	
2	Proceso de desmontaje matriz montada (82194778)		0,00	40,00		3.1	Esperando apilador	D	110,00	766,00	
2.1	Coger traspaleta (no hay en ese momento)	D	86,00	126,00	Traspaleta	3.2	Palet con matriz caliente a su sitio	E	100,00	866,00	Apilador
2.2	Búsqueda de apilador	D	62,00	188,00	Apilador	3.3	Colocar matrices que estén en medio del pasillo	D	110,00	976,00	Apilador
2.3	Coger Gibo con piezas realizadas y dejarlas en el pulmón	I	48,00	236,00	Apilador	3.4	Ir a por Fenwick	D	150,00	1126,00	
2.4	Dejar apilador en su "ubicación"	E	25,00	261,00	Apilador	3.5	Coger matriz entrante y colocar en el pulmón	E	170,00	1296,00	Fenwick
2.5	Quitar rampa de producción anterior	I	5,00	266,00		3.6	Ajustar palas de Fenwick	I	15,00	1311,00	Fenwick
2.6	Sacar fleje hacia atrás.	I	60,00	326,00	Destornillador	3.7	Levantar matriz para colocar cuña	I	60,00	1371,00	Fenwick
2.7	Cortar fleje	I	25,00	351,00	Caladora	3.8	Colocar cuña	I	10,00	1381,00	
2.8	Sacar trozo de material sobrante de la prensa y tirar a chatarra	I	10,00	361,00	Destornillador	3.9	Colocar matriz en prensa	I	250,00	1631,00	Fenwick
2.9	Desembrida la matriz y sube la prensa	I	30,00	391,00	Palo / mano	3.10	Bajar matriz y embridar	I	60,00	1691,00	
2.10	Coger cuña del palet donde se coloca la matriz saliente y la coloca aleatoriamente en prensa 15	E	25,00	416,00		3.11	Bajar matriz y pasar a modo pedal	I	35,00	1726,00	
2.11	Colocar palas Fenwick	I	20,00	436,00	Fenwick	3.12	Alimentar fleje en matriz	I	231,00	1957,00	
2.12	Colocar Fenwick en posición para coger la matriz	I	52,00	488,00	Fenwick	3.13	Colocar sistema de expulsión de piezas (rodamentario)	I	168,00	2125,00	
2.13	Bajar y empujar matriz a Fenwick	I	20,00	508,00	Fenwick	3.14	Verificar piezas	I	30,00	2155,00	
2.14	Colocar matriz en palet (pulmón)	I	88,00	596,00	Fenwick	4	Realizar fichajes (pasar a clave producción)	I	45,00	2200,00	
2.15	Bajo y empuja matriz de Fenwick para posicionarse en el palet	I	20,00	616,00	Fenwick						
2.16	Descolgar matriz de palas de Fenwick	I	20,00	636,00	Fenwick						
2.17	Aparcar Fenwick	I	20,00	656,00	Fenwick						

Ilustración 78. Tareas a analizar por el operario de prensa durante el cambio (Fuente: Elaboración propia)

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

Durante el cambio, el operario de prensa, como se puede ver en la ilustración 78, realiza dos operaciones fundamentales, desmontar y montar la matriz. Para desmontar pierde 148 segundos en buscar y coger una traspaleta y buscar un apilador ya que no estaban cercanos, considerándose esto desperdicio. Además de esto, deja el apilador en su ubicación y coge una cuña donde se coloca la matriz saliente, siendo esto tareas externas. En el proceso de montaje sufre un desperdicio de 450 segundos esperando al apilador, colocando matrices que le impiden coger la siguiente a colocar en la prensa y buscando la Fendwick. Como tareas que podrían ser externas están: colocar el palet con la matriz saliente en su sitio y coger la matriz entrante y colocarla en el pulmón. En estas tareas se invierten 270 segundos.

	INICIO DEL CAMBIO	I / E	T.Parcial	Total	Herramienta
1	Quitar palas externas de la devanadora	I	45,00	45,00	Llave desarmador tornillos
2	Flejar bobina	I	205,00	250,00	
2.1	Colocar gata	I		250,00	Gata
2.2	Colocar fleje en bobina	I		250,00	Tenazas
2.3	Girar devanadora	I		250,00	
3	Extraer bobina saliente	I		250,00	
3.1	Escribir medida en la bobina	I	40,00	290,00	Rotulador
3.2	Colocar las cinchas en bobina y cargarla en el puente grúa	I	40,00	330,00	Cinchar
3.3	Extraer bobina de la devanadora	I	105,00	435,00	Puente grúa
3.3.1	Destensar eje de la devanadora para poder retirar la bobina	I		435,00	Llave eje devanadora
3.3.2	Sacar la bobina con el puente y colocarla en el pulmón	I		435,00	
3.3.3	Quitar cincha de bobina	I		435,00	
4	Colocar bobina nueva	I		435,00	
4.1	Colocar cinchas en bobina nueva	I	10	445,00	
4.2	Calcular distancia centro de la bobina	E	30	465,00	Calculadora
4.3	Ajuste de palas interiores de bobina	I	120	585,00	Mezra
4.4	Ajuste de rodillos	I	20	605,00	Llave Allen
4.5	Coger la bobina entrante del pulmón con el puente y encajarla en la devanadora	I	60	665,00	Puente grúa
4.6	Colocar palas externas	I	40	705,00	Herramienta en pala
4.7	Apretar las palas interiores de bobina para ajustar el giro	I	45	750,00	Llave que aprieta al eje
4.8	Bajar puente para quitar cinchas	I	30	780,00	
4.9	Encajar bobina en rodillos del alimentador	I	114	834,00	
4.9.1	Girar bobina para comprobación	I		834,00	
4.9.2	Cortar fleje	I		834,00	Cutter, tijeras
4.9.3	Encauzar bobina en rodillos	I		834,00	
4.9.4	Ajustar rodillos	I		834,00	
4.9.5	Comprobaciones en pantalla	I		834,00	

Ilustración 79. Tareas a analizar por el operario logístico durante el cambio (Fuente: Elaboración propia)

El operario logístico, durante el cambio, quita las palas externas de la devanadora que sujeta la bobina en la prensa, fleja la bobina saliente y la extrae, considerando estas tareas internas. Después de la extracción, coloca el siguiente material en la prensa quedando como única tarea que podría ser externa el cálculo de la distancia al centro de la bobina, valorando esto en 30 segundos.

### 9.3.1 Convertir lo interno en externo y redistribución de tareas

En la tabla 75 se muestran las tareas calificadas como internas en Matrices Alcántara, tanto en operario de prensa como logístico.

Las acciones a desarrollar después de la última producción, dejar el apilador en su posición, coger la cuña o colocar el palet con matriz en su sitio pueden ser tareas consideradas externas y realizarlas cuando la máquina se encuentre en funcionamiento por el operario de prensa. Tareas como coger la traspaleta o buscar el apilador no son consideradas como desperdicio por lo que no debería invertirse tiempo en ellas.

Por parte del operario logístico, acciones como llevar el carro del fleje, preparar el fleje para la bobina siguiente o colocar las herramientas necesarias al lado de la prensa pueden considerarse tareas externas. El tiempo esperando a que el operario de prensa cambie la matriz es desperdicio.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

Tarea	Responsable	Clasificación antes	Clasificación después	Tiempo(seg)
Tareas después de la última producción	Operario	Interna	Externa	60
Coger traspaleta	Operario	Interna	Desperdicio	86
Búsqueda de apilador	Operario	Interna	Desperdicio	62
Dejar apilador en su posición	Operario	Interna	Externa	25
Coger cuña	Operario	Interna	Externa	25
Esperando apilador	Operario	Interna	Desperdicio	110
Colocar palet con matriz saliente a su sitio	Operario	Interna	Externa	100
Colocar matrices que están en medio del pasillo	Operario	Interna	Desperdicio	110
Ir a por Fendwich	Operario	Interna	Desperdicio	150
Coger matriz entrante y colocar en el pulmón	Operario	Interna	Externa	170
Llevar el carro del fleje	Logístico	Interna	Externa	90
Preparar fleje para bobina saliente	Logístico	Interna	Externa	47
Colocar herramientas necesarias al lado de la prensa	Logístico	Interna	Externa	5
Esperando a que operario cambie de matriz	Logístico	Interna	Desperdicio	1080

Tabla 75. Clasificación de tareas antes y después del análisis (Fuente: Elaboración propia)

En la tabla 76 se detallan los cambios a realizar en la ejecución de las diferentes tareas, tanto quién las realiza como cuándo realizarlas.

- Coger el contenedor de piezas realizadas y dejarlas en el pulmón pasa a realizarlas el operario logístico aprovechando el tiempo en el que el operario va a realizar el fichaje.
- Colocar el palet con la matriz saliente en su sitio no lo realizará el operario de producción durante el cambio, sino que lo hará el operario logístico cuando acabe de cambiar la bobina.
- Coger la matriz entrante y colocarla en el pulmón pasará a ser realizada por el logístico después del cambio de bobina
- El cálculo de la distancia al centro la realizará el logístico antes del cambio de bobina
- El logístico tendrá preparadas tanto la traspaleta como el apilador y la Fendwick antes del cambio de bobina para eliminar el desperdicio en búsqueda de materiales
- Las matrices deberán estar colocadas en su sitio y habrá un compromiso mayor con el orden y la limpieza en la planta para no desperdiciar tiempo en los cambios de lote, como en el caso en que se realizó la grabación del vídeo.

	ANTES			DESPUÉS		
	Tipo	Quién	Cuándo	Tipo	Quién	Cuándo
Coger contenedor con piezas realizadas y dejarlas en el pulmón	Interna	Operario	Antes del cambio	Interna	Logístico	Cuando el operario realiza el fichaje
Palet con matriz saliente a su sitio	Interna	Operario	Durante el cambio	Externa	Logístico	Después del cambio de bobina
Coger matriz entrante y colocar en el pulmón	Interna	Operario	Durante el cambio	Externa	Logístico	Después del cambio de bobina
Calcular distancia centro	Interna	Logístico	Durante el cambio de bobina	Externa	Logístico	Antes del cambio de bobina
Coger traspaleta	Interna	Operario	Durante el cambio	Tener preparada la traspaleta	Logístico	Antes del cambio de bobina
Búsqueda de apilador	Interna	Operario	Durante el cambio	Tener preparada la traspaleta	Logístico	Antes del cambio de bobina
Colocar matrices que están en medio del pasillo	Interna	Operario	Durante el cambio	5S en la zona, logístico	Logístico	En su tiempo de trabajo
Ir a por Fenwick	Interna	Operario	Durante el cambio	Tener preparada la Fenwick	Logístico	Antes del cambio

Tabla 76. Reconversión tanto de tareas como de ejecutores (Fuente: Elaboración propia)

### 9.3.2 Estandarización final y comparación de tiempos antes y después del SMED

En las tablas 77 y 78, se muestra cómo quedarían las tareas después de realizar la conversión de tareas internas en externas y tratando de eliminar el desperdicio.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

OPERARIO PRENSA					OPERARIO LOGISTICO						
	ANTES DEL CAMBIO	I / E	T.Parcial	Total	Herramienta		ANTES DEL CAMBIO	I / E	T.Parcial	Total	Herramienta
1	Tareas después de la última producción	E	60,00	60,00			Llevar aparato de flejar	E	10,00	10,00	Aparato de flejar
1.1	Coger pauta de control	E		60,00			Preparar fleje para bobina saliente	E	47,00	57,00	Fleje
1.2	Apuntar piezas fabricadas en el boletín	E		0,00	Bolígrafo		Colocar herramientas necesarias al lado de la prensa	E	5,00	62,00	Tenazas
1.3	Colocar etiqueta en minigibo	E		0,00	Bolígrafo		Coger Gilbo con piezas realizadas y dejarlas en el pulmón	E	48,00	110,00	Apilador
1.4	Apuntar en la orden las piezas realizadas	E		0,00	Bolígrafo		Coger matriz entrante y colocar en el pulmón	E	170,00	380,00	Fendwich
1.5	Apuntar datos en hoja de tiempos	E		0,00	Bolígrafo		Calcular distancia centro	E	30,00	410,00	Calculadora
2	Realizar fichajes	E	111	111,00							
3	Volver al puesto de trabajo	E	40	151,00							

Tabla 77. Tareas antes del cambio (Fuente: Elaboración propia)

OPERARIO LOGÍSTICO					OPERARIO PRENSA							
	INICIO DEL CAMBIO	I / E	T.Parcial	Total	Herramienta		INICIO DEL CAMBIO	I / E	T.Parcial	Total	Herramienta	
1	Quitar palas externas de la devanadora	I	45,00	45,00	Llave	1	Proceso de desmontaje		0,00			
2	Flejar bobina	I	205,00	250,00			Quitar rampa de producción anterior	I	5,00	5,00		
2.1	Colocar gato	I		250,00	Gato		Destornillador plano para levantar chapa de prensa	I	60,00	65,00	Destornillador	
2.2	Colocar fleje en bobinas	I		250,00	Tenazas		Sacar trozo de material sobrante de la prensa	I	10,00	75,00	Destornillador	
2.3	Girar devanadora	I		250,00			Empujar matriz	I	30,00	105,00	Palo	
3	Extraer bobina saliente	I		250,00			Coger cuña	I	25,00	130,00		
3.1	Colocar las cuerdas en bobina y cargarla en el puente grúa	I	40,00	290,00	Rotulador		Colocar palas Fendwich	I	20,00	150,00	Fendwich	
3.2	Coger puente para quitar bobina	I	105,00	395,00			Colocar Fendwich en posición para coger la matriz	I	52,00	202,00	Fendwich	
3.3.1	Destensar eje de la devanadora para poder retirar la bobina	I		395,00			Bajar y empujar matriz a Fendwich	I	20,00	222,00	Fendwich	
3.3.2	Sacar la bobina con el puente y colocarla en el pulmón	I		395,00	Llave eje devanadora		Colocar matriz en palet (pulmón)	I	88,00	310,00	Fendwich	
3.3.3	Quitar cuerdas de bobina	I		395,00			Baja y empuja matriz de Fendwich para posicionar en el palet	I	20,00	330,00	Fendwich	
4	Colocar bobina nueva	I		395,00			Descolgar matriz de palas de Fendwich	I	20,00	350,00	Fendwich	
4.1	Ajuste de palas de bobina	I	120,00	515,00			Aparcar Fendwich	I	20,00	370,00	Fendwich	
4.2	Ajuste de rodillos	I	20,00	535,00	Calculadora		2	Proceso de montaje	I	0,00	370,00	
4.3	Coger las bobinas entrantes con el pulmón con el puente y encajarla en la devanadora	I	60,00	595,00	Metro		Ajustar palas de Fendwich	I	15,00	385,00	Fendwich	
4.4	Colocar palas externas	I	40,00	635,00	Llave Allen		Levantar matriz para colocar cuña	I	60,00	445,00	Fendwich	
4.5	Apretar las palas para ajustarlas con las bobinas	I	46,00	681,00			Colocar cuña	I	10,00	455,00		
4.6	Bajar puente para quitar cuerdas	I	34,00	715,00	Herramienta en propia pala Llave que aprieta el eje		Colocar matriz en prensa	I	250,00	705,00	Fendwich	
4.7	Encajar bobina en rodillos	I	109,00	824,00			Bajar matriz y embriidar	I	60,00	765,00		
4.7.1	Girar bobina para comprobación	I		824,00			Bajar matriz y pasar a modo pedal	I	35,00	800,00		
4.7.2	Cortar fleje	I		824,00			Alimentar fleje en matriz	I	231,00	1031,00		
4.7.3	Encusar bobina en rodillos	I		824,00			Colocar sistema de expulsión de pieza (rodumentario)	I	168,00	1199,00		
4.7.4	Ajustar rodillos	I		824,00			Verificar pieza	I	30,00	1229,00	Fendwich	
4.7.5	Comprobaciones en pantalla	I		824,00			3	Realizar fichajes (pasar a clave producción)	I	45,00	1274,00	

Tabla 78. Tareas durante el cambio (Fuente: Elaboración propia)

Con todo esto, como se puede ver en el gráfico 5, se puede ver que, en el tiempo en el que la máquina se encuentra parada, el operario de prensa puede ahorrar 15 minutos en la ejecución, pasando a ser su tiempo de 21 minutos y en lo que concierne al operario logístico, es posible eliminar 20 minutos en el tiempo de preparación, siendo su tiempo total empleado cuando la máquina se encuentra parada de 14 minutos cuando antes era de 36 minutos, por lo que aplicando la técnica SMED es posible realizar los cambios de lote en 21 minutos.

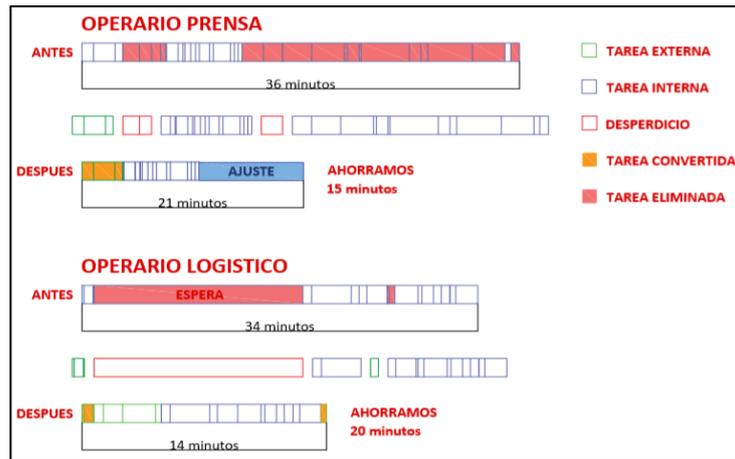


Gráfico 5. Comparación de tiempos antes y después de aplicar SMED (Fuente: Elaboración propia)

### 9.4 Cambio en la capacidad de máquina

Después de comprobar que los cambios de lote se pueden realizar en 21 minutos, en la hoja Excel preparada para aplicar el modelo matemático, se modificará el tiempo de preparación de todas las referencias. Se realizará la simulación con el parámetro que marca el límite a inventariar en  $B=35.000$ , correspondiente al escenario que resultó más favorable de los tres planteados. Después de esto, se iniciará con un parámetro  $C=97\%$ , el marcado en dicha alternativa, y se irá bajando hasta que la plantilla diga que no es posible abastecer la demanda con dicha capacidad para observar cuánto se ha mejorado.

C		n	B						
92,00%		2	35.000						
Producto	Ratio de demanda (uds diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)	Ratio de producción (uds/hora)	Lote	Stock mínimo	Stock máximo	Smir/Smáx	
$i$	$D_i$	$cu_i$	$tz_i$	$P_i$				$x$	
1	82159907	70	0,565	21	1400	100	600	2000	30,00%
2	82159908	70	0,591	21	1400	100	600	2000	30,00%
3	82159909	70	0,591	21	1400	100	600	2000	30,00%
4	82194778	70	0,567	21	1400	100	600	2000	30,00%
5	82194850	70	0,632	21	1400	100	600	1900	31,58%
6	82211290	60	0,6399	21	1200	100	600	1800	33,33%
7	82231926	1500	0,3044	21	1800	350	2800	13300	21,05%
8	82231928	1500	0,3044	21	1800	350	2800	13300	21,05%
9	82097567	350	0,174	21	1600	350	1400	8400	16,67%
10	82097708	120	0,1855	21	1600	250	750	4750	15,79%
11	82208122	350	0,2162	21	2500	300	1200	7500	16,00%
12	82245498	900	0,0771	21	2500	3000	3000	21000	14,29%
13	82305842	120	0,202	21	2500	250	750	4500	16,67%
14	82311397	100	1,239	21	1000	1000	1000	2000	50,00%
15	82314724	7	2,1038	21	1000	10	190	330	57,58%
16	82311026	500	0,1122	21	2500	1500	1500	13500	11,11%
17	82316630	180	0,3528	21	400	600	1200	4200	28,57%
18	82316807	100	0,8313	21	1600	800	800	2400	33,33%
19	82316808	95	1,2423	21	1600	800	800	1600	50,00%
20	82317227	170	0,3573	21	400	900	900	4500	20,00%
21	82317229	165	0,348	21	400	900	900	4500	20,00%
22	82317231	170	0,3419	21	400	1200	1200	4800	25,00%
23	82321216	160	1,442	21	1600	800	800	2400	33,33%
24	82321232	165	1,3422	21	2000	100	900	2000	45,00%
26	SG0860201800130	900	0,1459	21	1960	3024	3024	12096	25,00%
27	SG0860201800150	1350	0,03	21	1960	3024	3024	12096	25,00%
28	SG0860201800170	500	0,03	21	1960	3024	3024	12096	25,00%
29	SG0940202300190	670	0,1459	21	1960	1920	1920	13440	14,29%
								27,49%	
Horas diarias		8,0							
Minutos diarios		480							

Ilustración 80. Indicador de límite de capacidad con el modelo matemático utilizado en el apartado anterior (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede ver en la ilustración anterior, con un 92% de capacidad de máquina, habiendo reducido el tiempo de cambio de lote a 21 minutos, no es suficiente para abastecer la demanda, sin embargo, en la ilustración 81, se ve que llegando al 93% de capacidad, sí que se es capaz de llegar a abastecer la demanda de la máquina, por lo que ha habido una mejora del 4%

simplemente aplicando la técnica SMED, lo que da una mayor flexibilidad a la empresa a la hora de fabricar las piezas correspondientes. En la ilustración 81, también se puede observar cuáles son los stocks mínimos y máximos resultantes en la prensa.

C		n	B						
93,00%		2	35.000						
Producto	Ratio de demanda (uds diarias)	Coste por unidad	Tiempo de cambio (minutos)	Ratio de producción (uds/hora)	Lote	Stock mínimo	Stock máximo	Smín/Smáx	
i	$D_i$	$cu_i$	$t_{z_i}$	$P_i$					
1	82159907	70	0,565	21	1400	100	800	1800	44,44%
2	82159908	70	0,591	21	1400	100	800	1700	47,06%
3	82159909	70	0,591	21	1400	100	800	1700	47,06%
4	82194778	70	0,567	21	1400	100	800	1800	44,44%
5	82194850	70	0,632	21	1400	100	800	1700	47,06%
6	82211290	60	0,6399	21	1200	100	700	1500	46,67%
7	82231926	1500	0,3044	21	1800	350	3500	11550	30,30%
8	82231928	1500	0,3044	21	1800	350	3500	11550	30,30%
9	82097567	350	0,174	21	1600	350	1750	7000	25,00%
10	82097708	120	0,1855	21	1600	250	1000	4000	25,00%
11	82208122	350	0,2162	21	2500	300	1800	6300	28,57%
12	82245498	900	0,0771	21	2500	3000	3000	18000	16,67%
13	82305842	120	0,202	21	2500	250	1000	3750	26,67%
14	82311397	100	1,239	21	1000	1000	1000	2000	50,00%
15	82314724	7	2,1038	21	1000	10	240	280	85,71%
16	82311026	500	0,1122	21	2500	1500	1500	10500	14,29%
17	82316630	180	0,3528	21	400	600	1200	3600	33,33%
18	82316807	100	0,8313	21	1600	800	800	2400	33,33%
19	82316808	95	1,2423	21	1600	800	800	1600	50,00%
20	82317227	170	0,3573	21	400	900	900	3600	25,00%
21	82317229	165	0,348	21	400	900	900	3600	25,00%
22	82317231	170	0,3419	21	400	1200	1200	3600	33,33%
23	82321216	160	1,442	21	1600	800	800	2400	33,33%
25	82321232	165	1,3422	21	2000	100	1200	1800	66,67%
26	SG0860201800130	900	0,1459	21	1960	3024	3024	12096	25,00%
27	SG0860201800150	1350	0,03	21	1960	3024	3024	12096	25,00%
28	SG0860201800170	500	0,03	21	1960	3024	3024	12096	25,00%
29	SG0940202300190	670	0,1459	21	1960	1920	1920	11520	16,67%
								35,75%	
Horas diarias		8,0							
Minutos diarios		480							

Ilustración 81 Indicador de límite de capacidad con el modelo utilizado en el apartado anterior (Fuente: Elaboración propia)

## 9.5 Conclusiones

En el presente apartado se ha comenzado por justificar cuál es el motivo de la aplicación de la técnica SMED en una de las prensas más importantes de la compañía.

Después de esto, se procedió a grabar en vídeo todo el proceso para posteriormente identificar todas sus tareas y poder separar las internas de las externas. Más adelante, siguiendo la técnica, se pretende transformar lo interno en externo y eliminar el desperdicio en tareas que no aportan valor para rebajar el tiempo total de cambio de lote.

Al final del capítulo, con este tiempo de setup obtenido y con los datos de la prensa 41 del capítulo 8, se puede cuantificar en un 4% la capacidad ganada para el grueso de productos de la máquina.

## 10 Conclusiones

En el presente proyecto, se ha comenzado dando una visión global del mismo, explicando cuál es el objeto y exponiendo cuál es la estructura del documento.

En el siguiente apartado se pretende describir el entorno del problema, en este caso, en la empresa Matrices Alcántara, donde se explican sus antecedentes, se realizan análisis de sus productos, se describe cuáles son sus procesos más importantes mediante VSM, sus proveedores, el material con el que trabajan y sus clientes. Posteriormente se deja entrever cuáles son los problemas más importantes a tratar explicando cuál es el proceso que se va a ver modificado y se describe la estructura organizativa que se ve afectada ante posibles cambios.

Después de poner todo en contexto, se entra en el capítulo de incidencias. Lo que se pretende con esto es buscar síntomas de inoperancias en la organización, que siendo analizadas a través de herramientas como el diagrama de Ishikawa den lugar a las causas de los mismos. Las incidencias mencionadas son evaluadas en dos aspectos: su frecuencia y en qué cantidad afectan al proceso de producción, que al fin y al cabo es lo que se pretende mejorar. Después de ponderadas, se seleccionan las más representativas bajo estos criterios y se utilizan las herramientas mencionadas anteriormente para obtener sus causas raíz.

En el siguiente apartado se enmarca la carga teórica utilizada para poder solucionar esas dificultades más importantes explicadas en el capítulo de incidencias. La teoría de cálculo de lotes con la que se dimensionará el almacén y se generará el kanban de producción estará presente paso por paso en esta sección, así como la metodología SMED o el criterio de decisión multicriterio AHP. En los diferentes anexos, se amplían los contenidos teóricos de este apartado.

Teniendo claro cuáles son los motivos que originan los problemas, en el apartado siguiente se realiza una tormenta de ideas para proponer soluciones a las causas raíz. Posteriormente se describirán en detalle estas propuestas y después serán agrupadas por temas a los que afectan. Con esta agrupación quedan seis categorías a tratar, de las cuáles, mediante un criterio de decisión AHP se seleccionarán tres, las cuáles serán ejecutadas en apartados posteriores.

Con las acciones de mejora ya definidas, en el sexto apartado se trata de planificar lo que se va a hacer. Se estimarán los recursos necesarios, se describirán las tareas, a través de diagramas de Gantt se fijarán horizontes de inicio y finalización de las mismas y se hará un presupuesto calculando el coste de cada mejora y el precio total del proyecto.

Por último, se encuentra el diseño de detalle de las acciones a realizar. En el apartado anterior se listaron las tareas necesarias para llevar a cabo las mejoras, en este se trata de mostrar la ejecución de las mismas y lo que supone para la organización. La primera mejora es la realizada con la materia prima, un cambio en la planificación y la creación de un procedimiento a la hora de pedir, sintetizado en una hoja Excel que calcula directamente el material necesario para el período a cubrir fijado por la dirección. A esto va unido un rediseño del layout que proporcione una mejor utilización del espacio. En segundo lugar, está la mejora en el proceso de planificación de producción. Para ello, después de realizar análisis de los productos y seleccionar los propios de cada prensa, se pone en práctica la teoría de cálculo de lotes expuesta en el cuarto apartado del documento. Con esto se hallan los stocks mínimo y máximo de cada referencia de manera que se sabe qué cantidad hay que lanzar a producción y cuándo hacerlo, fijando así un procedimiento

claro que no lleve a sobreproducciones, existentes antes de aplicar dichos conocimientos. A todo esto, va ligado un rediseño del layout donde todas las referencias make-to-stock van a tener hueco en el almacén, proporcionando orden y minimizando las pérdidas de tiempo que generaba a los logísticos la colocación del producto terminado. Por último, se encuentra la mejora que va destinada a la reducción del tiempo de cambio de lote en la prensa 41 mediante la técnica SMED.

## 11 Referencias

- Acerinox (2013). *Acero Inoxidable Ferrítico ACX 515*. Recuperado de <https://www.cedinox.es/opencms901/export/sites/cedinox/.galleries/fichas-tecnicas-tipos-espaol/ACX515-14510-AISI430Ti.pdf>
- Acerinox (2013). *Acero inoxidable ferrítico ACX 800*. Recuperado de <https://www.cedinox.es/opencms901/export/sites/cedinox/.galleries/fichas-tecnicas-tipos-espaol/ACX800-14512-AISI409L.pdf>
- Acerinox (2013). *Acero inoxidable ferrítico ACX 845*. Recuperado de <https://www.cedinox.es/opencms901/export/sites/cedinox/.galleries/fichas-tecnicas-tipos-espaol/ACX845-14509.pdf>
- García-Sabater, J. J., & Maheut, J. (2018). *SMED Cambio de "lote" en un solo dígito de minutos*. Valencia: Apuntes de la asignatura Lean Manufacturing
- García-Sabater, J. P. (2015). *José P. García-Sabater, mi official site*. Recuperado de [http://jpgarcia.webs.upv.es/?page\\_id=34](http://jpgarcia.webs.upv.es/?page_id=34)
- Grupo Paletplastic. *Cajas contenedores y palets*. (s.f.). Recuperado de <https://grupopaletplastic.es>
- Rotom, *facilities your logistics*. (s.f.). Recuperado de <https://rotom.es>
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierachy Process: Planninf, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.
- Vidal Carreras, Pilar I.; García-Sabater José P.; García-Sabater Julio J. (2016). A practical model for managing inventories with unknown costs and a budget constraint. *Internation Journal of Production Research*, 8.
- Yepes, V. (2018). *Proceso analítico jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP)*. Recuperado de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>

## 12 ANEXOS

### Anexos i. Desarrollo del modelo matemático para el cálculo de lotes

Como ampliación del punto teórico 4 se tiene este anexo, donde se plasmará el modelo matemático que dará lugar al cálculo del Kanban de producción.

#### Suposiciones

Las siguientes suposiciones serán consideradas para obtener los outputs que proporciona el modelo matemático:

- Varias referencias son producidas por la misma máquina
- La demanda para cada producto es conocida y constante
- La ratio de producción de cada producto es conocido y es más alto que su respectiva ratio de demanda
- El sistema tiene suficiente capacidad productiva para afrontar la demanda de todos los productos asociados. La capacidad es fijada y conocida, medida en tiempo y no puede ser excedida, es decir, no se admiten horas extra.
- Los tiempos de cambio de lote serán constantes y conocidos, pudiendo ser diferentes para diversos productos
- Los costes de puesta en marcha son proporcionales a los tiempos de cambio de lote
- El coste por unidad de cada producto es conocido
- Los costes de mantenimiento son considerados proporcionales a la unidad de coste
- Existe una restricción presupuestaria en la inversión en inventario, medida en unidades monetarias. Este límite debe ser consistente con la capacidad de producción.

#### Parámetros y variables

Los datos necesarios para ser capaz de resolver el problema son los descritos a continuación:

##### *Parámetros operacionales*

- $D_i$  Ratio de demanda para el producto  $i$  (unidades por tiempo)
- $p_i$  Ratio de producción para el producto  $i$  (unidades por tiempo)
- $ts_i$  Tiempo de cambio de lote para el producto  $i$  (tiempo)
- $cu_i$  Coste unitario del producto  $i$  (unidades monetarias por unidad)

##### *Parámetros decisionales*

- $C$  Capacidad máxima de la máquina
- $B$  Presupuesto máximo destinado a inventario (unidades monetarias)
- $n$  Parámetro que define la forma de dividir el inventario entre los diferentes productos

##### *Parámetros calculados*

- $\alpha_{min}$  Límite inferior de  $\alpha$
- $\alpha_{max}$  Límite superior de  $\alpha$

##### *Variables*

- $Q_i$  Tamaño de lote del producto  $i$  (unidades)
- $s_i$  Mínimo nivel de inventario para el producto  $i$  (unidades)
- $\alpha$  Variable auxiliar asociada a los costes asociados al cambio de lote y al mantenimiento
- $\gamma$  Variable auxiliar asociada al mínimo inventario
- $\gamma_{max}$  Límite superior para la variable  $\gamma$
- $C^*(\alpha)$  Utilización prevista de la capacidad productiva de acuerdo a  $\alpha$
- $B^*(\alpha)$  Inversión destinada a inventario de acuerdo a  $\alpha$  (unidades monetarias)
- $B^{**}(\alpha, \gamma)$  Inversión destinada a inventario de acuerdo a  $\alpha$  y  $\gamma$  (unidades monetarias)

En consecuencia, es posible formular un modelo matemático de cantidad de producción económica para las referencias asociadas a cada máquina.

### Definición de $Q_i$ y $\alpha$

El valor de  $Q_i$  de acuerdo con la fórmula del EPQ, que deriva de EOQ es:

$$Q_i = \sqrt{\frac{2D_i A_i}{h_i(1 - \frac{D_i}{p_i})}} \quad (4)$$

Donde  $\frac{D_i}{p_i}$  representa la fracción de tiempo que el proceso de producción invierte en la fabricación del producto  $i$ .

Esta fórmula tiene en cuenta los llamados costes de preparación  $A_i$  y los costes de mantenimiento  $h_i$ .

Como se ha mencionado previamente, los costes de preparación son desconocidos, pero se ha supuesto que son proporcionales al tiempo de cambio de lote. Algo similar ocurre con los costes de mantenimiento, que se estiman proporcionales a los costes por unidad. Por lo que la fórmula anterior puede presentarse de la siguiente manera:

$$Q_i = \alpha \sqrt{\frac{D_i t s_i}{c u_i (1 - \frac{D_i}{p_i})}} \quad (5)$$

Donde el valor de  $\alpha$  combina las dos ratios proporcionales y el valor constante de 2, presentado en la fórmula original.

### Condiciones de viabilidad

Con el objetivo de garantizar las condiciones de viabilidad del problema, deben ser consideradas dos condiciones:

1. Disponer de suficiente capacidad productiva para surtir la demanda.
2. Disponer de un presupuesto suficiente para inventariar, para mantener la cantidad de stock requerida a la hora de implantar la solución.

### Suficiente capacidad productiva (C)

El sistema debe disponer de la capacidad necesaria para fabricar los productos requeridos por el cliente. La siguiente fórmula expresa que la capacidad disponible es mayor que el tiempo requerido para producir el total de la demanda, excluyendo tiempos de cambio de lote. Si esta condición es falsa, deberán reformularse los inputs del problema.

$$\sum_i \frac{D_i}{p_i} < C \quad (\text{R0})$$

Tamaños de lote pequeño conducen a una solución no realizable si los tiempos de cambio de lote son demasiado altos. Por tanto, la capacidad debe ser mayor que el tiempo requerido en la fabricación del producto además del tiempo de cambio de lote. En la siguiente fórmula se puede ver aplicada esta condición:

$$\sum_i \left( \frac{D_i}{p_i} + ts_i \frac{D_i}{Q_i} \right) \leq C \quad (\text{R1})$$

Incluyendo el término  $Q_i$  introducido en el apartado anterior, se tiene:

$$\sum_i \left( \frac{D_i}{p_i} + ts_i \frac{D_i}{\alpha \sqrt{\frac{D_i ts_i}{cu_i (1 - \frac{D_i}{p_i})}}} \right) \leq C \quad (\text{R1.a})$$

Así, se puede despejar el parámetro  $\alpha$  para definir la siguiente inecuación:

$$\alpha \geq \frac{\sum_i \sqrt{D_i ts_i cu_i (1 - \frac{D_i}{p_i})}}{C - \sum_i \frac{D_i}{p_i}} \quad (6)$$

Por tanto, se puede determinar que el valor del parámetro  $\alpha$  mínimo, que utilizará la máxima capacidad disponible, incluyendo tiempos de cambio de lote, será:

$$\alpha_{min} = \frac{\sum_i \sqrt{D_i ts_i cu_i (1 - \frac{D_i}{p_i})}}{C - \sum_i \frac{D_i}{p_i}} \quad (7)$$

Simplificando se puede asumir que:

$$\alpha \geq \alpha_{min} \quad (\text{R1.b})$$

### Presupuesto disponible para inventariar (B)

Sabiendo que el límite de inventario B es monetario, se supone que, a largo plazo, el tamaño de los lotes debe ser sostenible, por lo que:

$$\sum_i cu_i \frac{Q_i}{2} \leq B \quad (\text{R2})$$

Esta constante, utilizando la ecuación (2), pasa a ser:

$$\sum_i \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{D_i t s_i c u_i}{(1 - \frac{D_i}{p_i})}} \leq B \quad (\text{R2.a})$$

A partir de esto, es posible definir los límites del parámetro  $\alpha$ , de acuerdo a la ecuación 5. Se debe tener en cuenta que un  $\alpha$  muy grande conduce a altos valores de inventario, menores cambios de lote, por lo que se utiliza menos capacidad productiva.

$$\alpha \leq \frac{2B}{\sum_i \sqrt{\frac{D_i t s_i c u_i}{(1 - \frac{D_i}{p_i})}}} \quad (\text{8})$$

Por lo que el valor máximo del parámetro  $\alpha$ , vendrá determinado por la siguiente ecuación:

$$\alpha_{max} = \frac{2B}{\sum_i \sqrt{\frac{D_i t s_i c u_i}{(1 - \frac{D_i}{p_i})}}} \quad (\text{9})$$

Por lo que, con el objetivo de conseguir la condición de tener el suficiente presupuesto para inventariar la cantidad de stock total, se debe cumplir:

$$\alpha \leq \alpha_{max} \quad (\text{R2.b})$$

Con lo que, se puede concluir que, para cumplir las dos condiciones impuestas, es necesario que el valor del parámetro  $\alpha$  se encuentre entre los límites establecidos:

$$\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_{max} \quad (\text{R3})$$

Dependiendo de los datos del problema, es posible que  $\alpha_{max}$  sea menor que  $\alpha_{min}$ . Esto significa que la capacidad de producción deseada (C), es demasiado pequeña para hacer frente a los límites de nivel de stock de acuerdo a la constante que dictamina el límite de inventario posible. De otra manera, el valor de la constante B no es lo suficientemente alto para la capacidad disponible.

Por tanto, para chequear la factibilidad del problema, antes de determinar el valor de  $\alpha$ , se deberá comprobar:

$$\alpha_{min} \leq \alpha_{max} \quad (\text{R4.a})$$

O lo que es lo mismo:

$$B \geq \sum_i \frac{\alpha_{min}}{2} \sqrt{\frac{D_i t s_i c u_i}{(1 - \frac{D_i}{p_i})}} \quad (\text{R4.b})$$

Si la condición R4.a. no cumple, se deberá volver al principio del problema. Suponiendo que la demanda que la máquina va a afrontar es constante y no puede ser cambiada, sólo existen dos posibilidades:

- Incrementar la capacidad de la máquina (C)
- Incrementar el presupuesto destinado a inventario (B)

Una vez que  $\alpha$  se encuentra entre  $\alpha_{min}$  y  $\alpha_{max}$ , ya se puede calcular el tamaño de lote para cada producto.

Después de fijar el valor de  $\alpha$ , la utilización que se espera de la capacidad productiva y de la inversión en inventario se puede calcular de la siguiente forma:

$$C^*(\alpha) = \sum_i \left( \frac{D_i}{p_i} + t s_i \frac{D_i}{\alpha \sqrt{\frac{D_i t s_i}{c u_i (1 - \frac{D_i}{p_i})}}} \right) \quad (10)$$

$$B^*(\alpha) = \sum_i \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{D_i t s_i c u_i}{(1 - \frac{D_i}{p_i})}} \quad (11)$$

Este enfoque es utilizado para responder a la pregunta de cuánto producir usando el parámetro  $\alpha$ . El valor mínimo, es el mínimo tamaño que pueden tener los lotes. Por tanto, el tiempo utilizado en tiempos de cambio es mayor, con lo que la capacidad necesaria también es mayor. Al mismo tiempo, como es lógico, el coste de inventario será menor.

Resuelta la incógnita de la cantidad a producir, el siguiente paso es saber cuándo producir, que será desarrollado en el siguiente apartado.

### Utilización del presupuesto asignado

De acuerdo al apartado anterior, usando el parámetro  $\alpha$ , el tamaño de lote de los diferentes productos quedó definido. Ahora toca precisar los niveles de reaprovisionamiento.

Un punto de reaprovisionamiento normalmente es evaluado teniendo en cuenta el lead time ( $L_i$ ) y la desviación estándar de la previsión de demanda ( $\sigma_i$ ).

$$s_i = D_i L_i + z \sigma_i \sqrt{L_i} \quad (12)$$

Una vez más, la mayoría de datos necesarios para llegar a la resolución de esta fórmula no se pueden obtener. De aquí en adelante, se propone una forma de disposición con los datos disponibles.

Si  $\alpha < \alpha_{max}$ , existe una holgura en el presupuesto destinado al inventario que podría ser utilizado.

Siempre que no existan diferencias significativas en la demanda de los productos, se puede asumir que el riesgo de rotura de stock de los diferentes productos es similar. Una forma simple de dividir esta holgura es asignarla proporcionalmente a la demanda, por ejemplo, un producto con demanda más alta tendrá proporcionalmente más stock que un producto con una menor demanda.

Los planificadores de producción tienden a proteger estos productos de baja rotación ya que si existiera un pico en la demanda es más probable que se ocasione una rotura de stock. Por lo tanto, el exceso de inventario se puede dividir por igual entre los productos, suponiendo que aquellos con mayor demanda tendrán tamaños de lote más grandes y su comportamiento a lo largo del tiempo será más estable.

La propuesta presentada puede ser realizada con un simple parámetro  $n$ . El stock mínimo de cada producto puede ser calculado con la siguiente fórmula:

$$s_i = \gamma \sqrt[n]{D_i} \quad (13)$$

El valor de  $n$  tiene que ser “refinado” entre el deseo de asignar la holgura proporcionalmente a la demanda ( $n=1$ ) y asignar la misma cantidad para todos los productos ( $n \gg 1$ ).

Usando la holgura del presupuesto destinado al inventario, la ecuación 8 puede ayudar a definir el valor de  $\gamma$ :

$$B - B^*(\alpha) \geq \sum_i c u_i \gamma \sqrt[n]{D_i} \quad (R5)$$

Se puede calcular un límite superior de  $\gamma$  considerando la máxima holgura de inventario disponible, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\gamma_{max} = \frac{B - B^*(\alpha)}{\sum_i c u_i \sqrt[n]{D_i}} \quad (14)$$

La media de lo invertido en inventario se puede calcular con:

$$B^{**}(\alpha, \gamma) = B^*(\alpha) + \sum_i c u_i \gamma \sqrt[n]{D_i} \quad (15)$$

### Proceso de aplicación del modelo

Todo el proceso de construcción del modelo ha sido presentado en puntos anteriores. En este apartado lo que se pretende es mostrar los pasos a seguir para lograr una correcta utilización.

1. Definir los datos de entrada
  2. Evaluar la factibilidad de dichos datos de entrada con la constante (R0). Si no es posible resolver el problema, se deberá volver al paso 1 y cambiar los datos de entrada. Si se tiene este problema, una posible solución sería aumentar la capacidad de producción C o reducir la demanda total a servir.
  3. Calcular  $\alpha_{min}$  de acuerdo a la ecuación 4.
  4. Calcular  $\alpha_{max}$  de acuerdo a la ecuación 6.
  5. Si  $\alpha_{max} < \alpha_{min}$ , volver al paso 1. Una solución ante esto sería aumentar el presupuesto destinado al inventario de acuerdo a la constante R4.b.
  6. Ubicar  $\alpha$  entre sus valores máximo y mínimo  $\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_{max}$ . Usar el valor más próximo a  $\alpha_{min}$  con el objetivo de utilizar al máximo la capacidad disponible
  7. Calcular  $\gamma_{max}$
  8. Ajustar el nivel mínimo de stock de acuerdo a la ecuación (10) modificando el parámetro  $n$  y definiendo  $\gamma$ , donde  $n \geq 0$ , y  $0 \leq \gamma \leq \gamma_{max}$ . (Consejo: utilizar  $n$  con valor muy cercano a 2 y  $\gamma = \gamma_{max}$  con el objetivo de maximizar el uso del presupuesto para el inventario). Si son bajos en comparación con los valores esperados, incrementar el límite presupuestario (B) y volver al paso 7, o incrementar la capacidad (C) y volver al paso 1.
  9. Calcular el tamaño del lote de acuerdo a la ecuación (2).
  10. Ajustar manualmente los resultados obtenidos para que los datos sean utilizables (utilizando unidades de carga o simplemente redondeando)
  11. Calcular la utilización de la capacidad productiva esperada de acuerdo a la ecuación (7) y la inversión media destinada al inventario con la ecuación (12)
- (Vidal Carreras, Pilar I.; García-Sabater José P.; García-Sabater Julio J., 2016)

## Anexo ii. Desarrollo teórico de la metodología SMED

Actualmente, las organizaciones se enfrentan a múltiples retos que se ven afectados por su capacidad para cambiar regularmente la producción de un producto a otro de una manera rentable y oportuna. Algunos de estos retos incluyen:

- Una necesidad cada vez mayor de ser altamente sensibles a las demandas cambiantes del cliente con tiempos más cortos de producción.
- Un plan para reducir los niveles de inventario.
- Un impulso por incrementar la capacidad de producción sin una fuerte inversión de capital

En gestión de la producción, SMED es el acrónimo de Single-Minute Exchange of Die: cambio de herramienta/lote en un solo dígito de minutos. Este concepto introduce la idea de que en general en cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos.

Se entiende por cambio de herramienta/lote como el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente.

A la hora de aplicar la técnica, existen 5 fases:

- Fase 0: Etapa preliminar, análisis de la situación actual
- Fase 1: Separación de la preparación interna y externa
- Fase 2: Conversión de la preparación interna en externa
- Fase 3: Perfeccionamiento de todos los aspectos de preparación
- Fase 4: Estandarizar

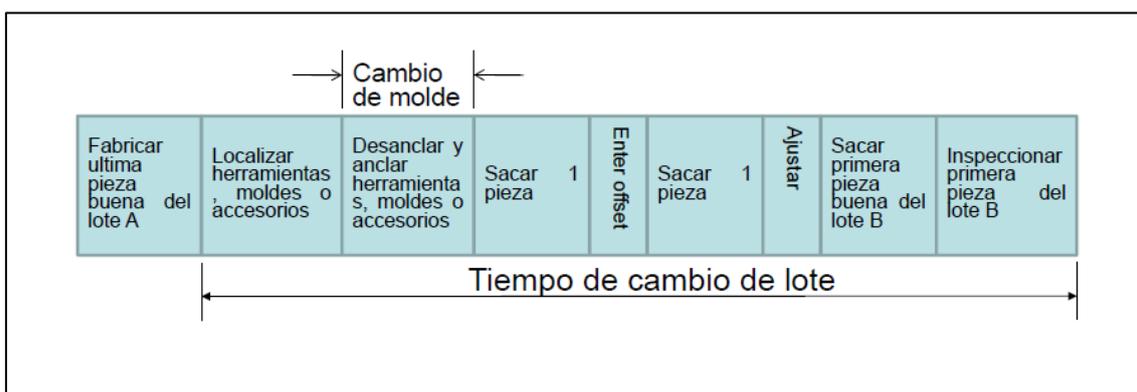


Ilustración 82. Tiempo de cambio de lote (García-Sabater & Maheut, 2018)

Las operaciones realizadas durante el setup se pueden agrupar en pocas áreas:

- Preparación y almacenamiento del equipo
- Intercambio de soportes y accesorios
- Reemplazo de componentes
- Modificaciones/Ajustes de los parámetros de máquina (temperatura, presión, velocidad, etc.)
- Pruebas y ajustes de partes / máquina

Con respecto a los objetivos y los beneficios del SMED, queda resumido en la siguiente ilustración:

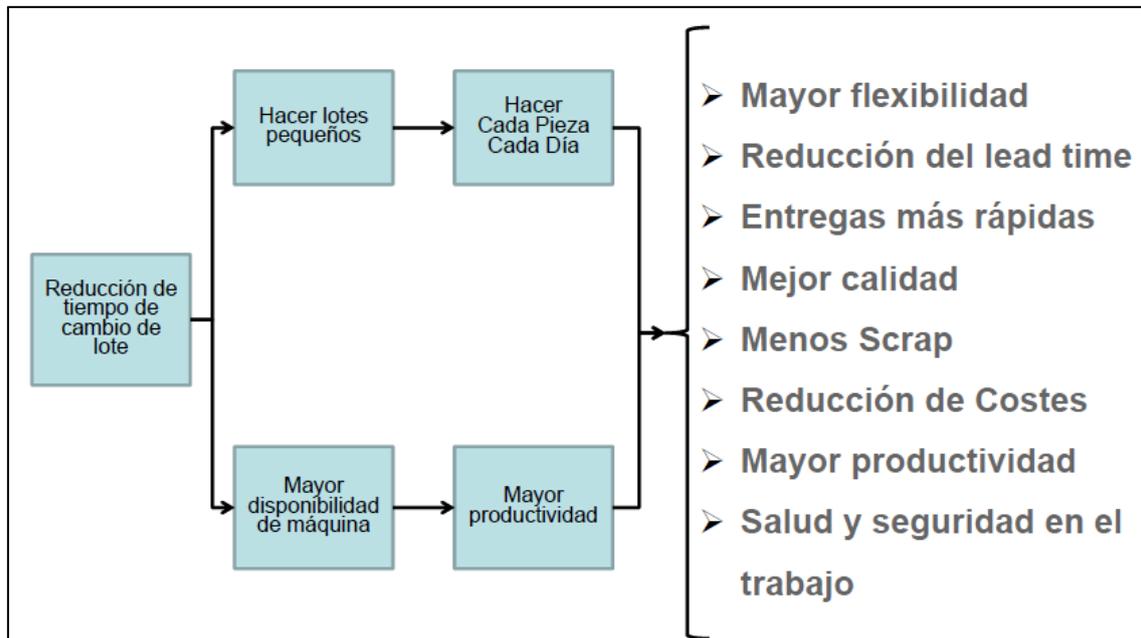


Ilustración 83. Objetivos y beneficios del SMED (García-Sabater & Maheut, 2018)

Para la realización de la fase 0, existen varios métodos para realizar el análisis de la situación actual de la planta de fabricación:

- Análisis de producción continuo: Medición mediante un cronómetro de las operaciones de preparación donde se consideran todos los tiempos que sean necesarios. Habría que analizar con detalle aquellas operaciones que consumen más tiempo o se podrían hacer externamente.
- Estudio del trabajo por muestras: Se cronometran y analizan solamente unas muestras que se consideran representativas de todo el proceso.
- Entrevistas a los trabajadores de la fábrica: Ellos son sin duda, los que mejor conocen el proceso. Pueden describir con mayor fiabilidad lo que ocurre actualmente en planta, e incluso, sugerir ideas interesantes de mejora.
- Grabación en vídeo de la operación de preparación completa.

En cuanto a la fase 1, separación de la preparación interna y externa:

- Método del post-it: Consiste en plasmar en una superficie, las operaciones del proceso. En una fila superior se verán las operaciones previas a implementar la técnica, y en una inferior los cambios propuestos para disminuir tiempo.
- Empleo de una lista de comprobación: Se debe hacer una lista de comprobación con todas las partes y pasos necesarios para una operación. El contenido de esta lista variará dependiendo de cada caso concreto. No se debe hacer una única lista para toda la fábrica, sino para cada máquina o agrupación de máquinas con características similares.

- Realización de comprobaciones funcionales: La lista de comprobación es útil para cerciorarse de que todas las cosas están donde debería estar, sin embargo, no dicen si se encuentran en perfecto estado de funcionamiento.
- Mejora del transporte de útiles y otras piezas: Las matrices y bobinas han de transportarse desde el almacén hasta las máquinas, y las matrices han de devolverse al almacén una vez terminado el lote. Todo esto debe llevarse a cabo como procedimiento externo, realizado en este caso por ayudantes.

La fase 2, conversión de la preparación interna en externa, comprende dos conceptos importantes:

- Reevaluación de operaciones para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como internos.
- Búsqueda de formas de convertir estos pasos en externos

En esta fase, es muy importante adoptar nuevos puntos de vista que no estén influenciados por viejas costumbres. La secuencia de aplicación es la siguiente:

- Preparación anticipada de las condiciones de preparación
- Estandarización de funciones. Esto se refiere a *“la estandarización de aquellas piezas cuyas funciones son necesarias desde el punto de vista de las operaciones de preparación”*.

En la fase 3, perfeccionamiento de todos los aspectos, se deben perfeccionar todas las operaciones elementales que constituyen las preparaciones internas y externas, pero sobre todo las internas.

Se pueden mejorar las preparaciones gracias a:

- Implementación de operaciones en paralelo: Si una operación se puede realizar a la vez que otra, se realizarán en la mitad de tiempo, e incluso en menos, gracias a los ahorros de movimiento que se obtienen. Es conveniente crear unos procedimientos estándar para el cambio de utillaje con dos operarios en cada máquina o grupo de máquinas.
- Utilización de anclajes funcionales: Un anclaje funcional es un dispositivo que sirve para mantener objetos fijos en su sitio con un esfuerzo mínimo. Existen anclajes funcionales que hacen posible que un tornillo apriete o afloje una matriz con una o pocas vueltas.
- Eliminación de ajustes: Pueden suponer hasta un 50% del tiempo de preparación en el montaje. Son necesarios por causa de centrados imprecisos, dimensionado etc, que son actividades típicas del comienzo del procedimiento de preparación interna.
- Mecanización: Se debe considerar sólo tras haber intentado mejorar en la preparación utilizando todos los métodos descritos hasta ahora. Sería un error pasar directamente a la mecanización ya que mecanizar una operación ineficiente proporcionará reducciones de tiempo, pero hará muy poco por remediar los defectos básicos de una preparación mal diseñada. Es mucho más efectivo mecanizar preparaciones cuyos procedimientos han sido previamente mejorados y organizados de un modo más eficiente.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

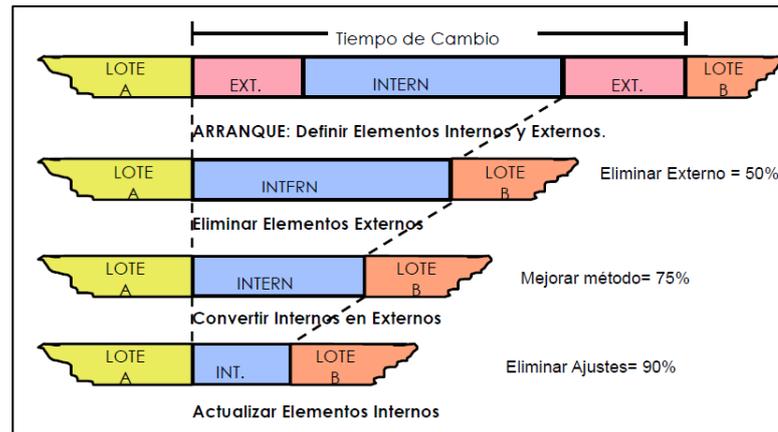


Ilustración 84. Progreso en el ahorro en tiempo de cambio de lote aplicando la técnica SMED (García-Sabater & Maheut, 2018)

Es útil proporcionar observaciones claras a otros compañeros de equipo de setup acerca de qué pasos se han llevado a cabo, ya que proporciona una referencia para los operadores respecto de cuánto tiempo se espera que tome cada punto. (García-Sabater & Maheut, 2018).

### Anexos iii. Desarrollo AHP

Siguiendo con lo comentado en el apartado 4.5 del proyecto, una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios de nivel inferior. Para ello, se utilizan matrices de comparación por pares usando una escala fundamental como la de la tabla 6.

Esta es la clave del método, usar una escala de comparación por pares, puesto que el cerebro humano está especialmente bien diseñado para comparar dos criterios o alternativas entre sí, pero menos cuando tiene que hacer comparaciones conjuntas. En efecto, la ley de Weber-Fechner establece que el menor cambio discernible en la magnitud de un estímulo es proporcional a la magnitud de dicho estímulo. Como la relación entre el estímulo y la percepción corresponde a una escala logarítmica, si un estímulo crece en progresión geométrica, la percepción evolucionará como una progresión aritmética. Es por ello que AHP utiliza una escala fundamental del 1 al 9 que ha sido satisfactoria en comprobaciones empíricas realizadas en situaciones reales muy diversas.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente el criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6,8	Valores intermedios	

Tabla 79. Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980)

La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico dan lugar a una matriz cuadrada denominada matriz de decisión. Esta matriz cumple con las propiedades de reciprocidad (si  $a_{ij}=x$ , entonces  $a_{ji}=1/x$ ), homogeneidad (si  $i$  y  $j$  son igualmente importantes,  $a_{ij}=a_{ji}=1$ , y además  $a_{ii}=1$  para todo  $i$ ), y consistencia (la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada). La consistencia se obtiene mediante el índice de consistencia (Consistency Index, CI) donde  $\lambda_{max}$  es el máximo autovalor y  $n$  es la dimensión de la matriz de decisión. Un índice de consistencia igual a cero significa que la consistencia es completa. Una vez obtenido CI, se obtiene la proporción de la consistencia (Consistency Ratio, CR) siendo aceptado siempre que no supere los valores indicados en la tabla 7. Si en una matriz se supera el CR máximo, hay que revisar las ponderaciones.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Donde RI es el índice aleatorio que indica la consistencia de una matriz aleatoria (Tabla 7):

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabla 80. Índice aleatorio RI (Yepes, 2018)

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Tabla 81. Porcentajes máximos de la ratio de consistencia (Yepes, 2018)

Una vez verificada la consistencia, se obtienen los pesos, que representan la importancia relativa de cada criterio o las prioridades de las diferentes alternativas respecto a un determinado criterio. Para ello, el AHP original utiliza el método de los autovalores, donde hay que resolver la siguiente ecuación:

$$A \cdot w = \lambda_{max} \cdot w$$

Donde A representa la matriz de comparación, w el autovector o vector de preferencia y  $\lambda_{max}$  el autovalor. (Yepes, 2018)

## Anexos iv. Tablas

REFERENCIA	Volumen de piezas 2017	Facturación de piezas 2017(€)	% RELATIVO	% ABSOLUTO	PROCESOS ASOCIADOS
82321220	36424	258825,30	4,80%	4,80%	GEARBOX
82135408	71100	204113,88	3,96%	8,76%	ESTAMPACIÓN
82167043	108000	193341,60	3,75%	12,51%	ESTAMPACIÓN
82398541	36314	132840,24	2,58%	15,09%	MANTA
82137003	50400	126221,76	2,45%	17,54%	ESTAMPACIÓN
82232108	83990	117837,97	2,29%	19,82%	TORNO
82136115	40200	115406,16	2,24%	22,06%	ESTAMPACIÓN
82136113	40130	115205,20	2,23%	24,29%	ESTAMPACIÓN
82376018	6364	114285,35	2,22%	26,51%	BRABUS
82062296	136000	96342,40	1,87%	28,38%	ESTAMPACIÓN
82108093	38200	95668,08	1,86%	30,23%	ESTAMPACIÓN
82218332	14866	94845,08	1,84%	32,07%	LASER 3D
82167555	50000	89510,00	1,74%	33,81%	ESTAMPACIÓN
82265371	111750	76716,38	1,49%	35,30%	ESTAMPACIÓN
82406994	45962	74458,44	1,44%	36,74%	ESTAMPACIÓN
82199961	29013	73704,63	1,43%	38,17%	ESTAMPACIÓN
82376021	4536	66173,89	1,28%	39,46%	BRABUS
82054800	76500	61857,90	1,20%	40,66%	ESTAMPACIÓN
82321216	39288	56653,30	1,10%	41,75%	41+HID+VIBRO
82102707	22400	56098,56	1,09%	42,84%	ESTAMPACIÓN
82175114	84621	55900,63	1,08%	43,93%	ESTAMPACIÓN+1
82013990	66000	53367,60	1,04%	44,96%	ESTAMPACIÓN
82266229	145000	53171,50	1,03%	45,99%	ESTAMPACIÓN
82175175	83352	52228,36	1,01%	47,01%	ESTAMPACIÓN+1
82321232	38604	51814,29	1,00%	48,01%	41+SOLDAR+SEMI
82111267	27000	47962,80	0,93%	48,94%	SOLDAR TAPA+FIBRA
82121888	30500	47424,45	0,92%	49,86%	ESTAMPACIÓN
82054581	29000	45092,10	0,87%	50,74%	ESTAMPACIÓN
82376016	10860	44926,73	0,87%	51,61%	BRABUS
82277586	39907	41623,00	0,81%	52,41%	HIDRÁULICA
82173457	22600	40458,52	0,78%	53,20%	ESTAMPACIÓN
82054569	23500	36540,15	0,71%	53,91%	ESTAMPACIÓN
82311397	29000	36366,00	0,71%	54,61%	41+HIDRÁULICA
82161831	41200	36165,36	0,70%	55,31%	ESTAMPACIÓN
82161832	41200	36165,36	0,70%	56,02%	ESTAMPACIÓN
82161829	40880	35884,46	0,70%	56,71%	ESTAMPACIÓN
82161830	40800	35814,24	0,69%	57,41%	ESTAMPACIÓN
82396922	88940	35415,91	0,69%	58,09%	ESTAMPACIÓN

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

70005878	13800	33960,42	0,66%	58,75%	ESTAMPACIÓN
82231928	109550	33215,56	0,64%	59,40%	41+VIBRO
82231926	109467	33190,39	0,64%	60,04%	41+VIBRO
70004909	27000	32624,10	0,63%	60,67%	ESTAMPACIÓN
82261862	27600	31237,68	0,61%	61,28%	ESTAMPACIÓN+CHAFAR
82101630	58000	30090,40	0,58%	61,86%	41
82303436	63000	29200,50	0,57%	62,43%	ESTAMPACIÓN
92613B	52800	28776,00	0,56%	62,99%	41
82187416	47500	28690,00	0,56%	63,54%	ESTAMPACIÓN
82316808	23232	28659,00	0,56%	64,10%	41
82216707	6800	28554,56	0,55%	64,65%	SOLDAR 3 PUNTOS
70003811	18000	28377,00	0,55%	65,20%	ESTAMPACIÓN
82100851	34500	27734,55	0,54%	65,74%	ESTAMPACIÓN
SG0860201800130	177140	25844,73	0,50%	66,24%	41
82297840	15500	24122,65	0,47%	66,71%	ESTAMPACIÓN+HIDRÁULICA
910352	54810	20597,60	0,40%	67,11%	41
82269100	17000	19703,00	0,38%	67,49%	ESTAMPACIÓN+REBORDONAR
82269123	17000	19703,00	0,38%	67,87%	ESTAMPACIÓN+REBORDONAR
82276222	16800	19528,32	0,38%	68,25%	ESTAMPACIÓN
82316807	23448	19363,36	0,38%	68,63%	ESTAMPACIÓN
82208122	87900	19338,00	0,38%	69,00%	ESTAMPACIÓN
91147	215456	18917,04	0,37%	69,37%	41
82159303	13500	18887,85	0,37%	69,74%	ESTAMPACIÓN+REBORDONAR

Tabla 82. Análisis ABC en función de la facturación (Fuente: Elaboración propia)

REFERENCIA	Volumen facturado 2017	%RELATIVO	%ABSOLUTO	PROCESOS
SG0860201800150	308448	4,84%	4,84%	41
82245498	234000	3,67%	8,51%	41
91141A	222000	3,48%	11,99%	41
91147	215456	3,38%	15,37%	41
SG0860201800130	177140	2,78%	18,15%	41
82266229	145000	2,27%	20,43%	ESTAMPACIÓN
82062296	136000	2,13%	22,56%	ESTAMPACIÓN
82311026	126000	1,98%	24,54%	ESTAMPACIÓN
SG0940202300190	118030	1,85%	26,39%	41
20091506	114060	1,79%	28,18%	41
82265371	111750	1,75%	29,93%	ESTAMPACIÓN
82231928	109550	1,72%	31,65%	41+VIBRO
82231926	109467	1,72%	33,37%	41+VIBRO
82167043	108000	1,69%	35,06%	ESTAMPACIÓN
SG0860201800170	99603	1,56%	36,63%	41
82396922	88940	1,40%	38,02%	ESTAMPACIÓN
82208122	87900	1,38%	39,40%	41+VIBRO
82175114	84621	1,33%	40,73%	ESTAMPACIÓN+1

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

82097567	84000	1,32%	42,05%	41+VIBRO
82232108	83990	1,32%	43,36%	TORNO
82175175	83352	1,31%	44,67%	ESTAMPACIÓN+1
82054800	76500	1,20%	45,87%	ESTAMPACIÓN
82135408	71100	1,12%	46,99%	ESTAMPACIÓN
82013990	66000	1,04%	48,02%	ESTAMPACIÓN
82303436	63000	0,99%	49,01%	ESTAMPACIÓN
82101630	58000	0,91%	49,92%	41
910352	54810	0,86%	50,78%	41
92613B	52800	0,83%	51,61%	41
82137003	50400	0,79%	52,40%	ESTAMPACIÓN
82167555	50000	0,78%	53,18%	ESTAMPACIÓN
82187416	47500	0,75%	53,93%	ESTAMPACIÓN
82406994	45962	0,72%	54,65%	ESTAMPACIÓN
82357970	45837	0,72%	55,37%	ESTAMPACIÓN
20091502	45355	0,71%	56,08%	41
82343690	45200	0,71%	56,79%	ESTAMPACIÓN
82343910	45200	0,71%	57,50%	ESTAMPACIÓN
20091504	44531	0,70%	58,20%	41
20091507	41250	0,65%	58,85%	41
82161831	41200	0,65%	59,49%	ESTAMPACIÓN
82161832	41200	0,65%	60,14%	ESTAMPACIÓN
82161829	40880	0,64%	60,78%	ESTAMPACIÓN
82161830	40800	0,64%	61,42%	ESTAMPACIÓN
82136115	40200	0,63%	62,05%	ESTAMPACIÓN
82136113	40130	0,63%	62,68%	ESTAMPACIÓN
82277586	39907	0,63%	63,31%	HIDRÁULICA
82321216	39288	0,62%	63,92%	41+HID+VIBRO
82317229	38660	0,61%	64,53%	41+SOLDAR
82321232	38604	0,61%	65,14%	41+SOLDAR+SEMI
82316630	38400	0,60%	65,74%	41+SOLDAR
82317231	38400	0,60%	66,34%	41+SOLDAR
82108093	38200	0,60%	66,94%	ESTAMPACIÓN
82317227	38100	0,60%	67,54%	41+SOLDAR
20091505	37264	0,58%	68,12%	41
82321220	36424	0,57%	68,69%	GEARBOX
82398541	36314	0,57%	69,26%	MANTA
82100851	34500	0,54%	69,80%	ESTAMPACIÓN

Tabla 83. Análisis ABC en función del volumen de piezas facturado (Fuente: Elaboración propia)

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

<i>Material</i>	Semana 32	Semana 33	Semana 34	Semana 35	Semana 36	Semana 37	Semana 38
<b>1,4509-467X1</b>	3024	3346	4061	6772	5940	4898	5940
<b>1,4509-428X1</b>	3323	2417	3324	5288	4531	4682	4832
<b>1,4571 370X2</b>	1917	1151	1726	1726	1342	1917	1534
<b>1,4510-325X1,2</b>	0	0	1186	2372	2377	2372	593
<b>1.4512 280x3</b>	673	1562	1562	1338	2451	1338	1562
<b>1.4509-339x2</b>	0	1783	0	1783	1783	0	1783
<b>1.4509 274x1,2</b>	0	931	1241	310	931	931	620
<b>1,4510 242X1,2</b>	336	448	1792	560	448	784	1344
<b>1.4509-114X3</b>	0	56	1001	967	12	1001	23
<b>1.4509 252x1,2</b>	0	621	621	311	901	621	621
<b>1,4571 132X1,5</b>	524	360	490	524	392	524	458
<b>1,4509-212X1</b>	0	0	0	0	1000	0	1000
<b>1,4509 173X1,5</b>	393	40	432	362	275	275	354
<b>1.4509-127X2</b>	5	5	324	325	407	328	301
<b>1,4509-325X1</b>	0	988	0	198	988	0	16
<b>1.4301 118x3</b>	112	359	302	334	368	309	291
<b>1.4301 206,5x3</b>	84	271	228	252	278	233	220
<b>1.4509-132X3</b>	0	231	231	198	264	198	198
<b>1.4301 210x1,5</b>	184	207	230	253	184	184	184
<b>1,4509-193X1,2</b>	0	132	0	384	0	528	0
<b>1.4509-224x1</b>	0	0	0	2501	194	188	140
<b>1,4509-348X1,2</b>	0	396	396	0	0	0	396
<b>1.4509-70X3</b>	49	123	172	123	147	147	123
<b>1,4509 121,5X1</b>	0	550	0	0	0	0	550
<b>1,4509 193X1,5</b>	0	73	97	0	0	750	49
<b>1.4301 370x1,5</b>	955	2227	1591	1909	1909	1909	1591
<b>1,4509-235X1,2</b>	0	584	0	0	389	0	0
<b>1,4301 2400x1000x0,5</b>	0	0	315	0	0	315	210
<b>1.4301 136x1,5</b>	0	87	118	125	139	97	80
<b>1,4509 95X1,5</b>	0	0	200	126	65	126	200
<b>1,4509 105X1,5</b>	0	0	186	124	76	124	198
<b>1.4509-69X1,5</b>	41	41	62	62	41	62	41
<b>1,4509-170,5X3</b>	0	0	90	68	90	68	68
<b>1.4509-91X3</b>	0	21	62	41	82	41	41
<b>1,4509 50X1,5</b>	0	0	89	56	23	56	89
<b>1.4301 65x1,5</b>	16	52	44	48	52	44	42
<b>1.4509-52X1</b>	0	42	42	42	42	21	42
<b>1,4509 185X1</b>	218	0	0	0	0	0	0
<b>1.4301 56x1,5</b>	10	30	26	29	32	27	24
<b>1,4510-302X1,2</b>	0	0	0	0	275	0	0
<b>1.4301 48x1,5</b>	6	18	15	16	18	15	14
<b>1,4509 145X1,5</b>	0	0	78	0	0	0	0
<b>1,4512-414X1,5</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4509 201X1,5</b>	0	0	0	0	0	0	0

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

<b>1,4509 305X1,2</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4512-248X1,5</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4512-187X1,5</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4510-330x1,2</b>	0	0	21	0	0	0	0
<b>1,4512-42X2</b>	0	0	0	4	0	0	0
<b>1,4512-42X2</b>	0	0	0	4	0	0	0
<b>1,4510-333x1,2</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4509-333X1,2</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4512-357X1,5</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4510-357X1,2</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4509-213X1,2</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4509-193X1,2</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4510-193X1,2</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1.4509-350x1,8</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4301 69,5X1,5</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4512-209X1,5</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4512-232X1,5</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4512-454X1,5</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4512-254X1,5</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1,4509-314X1,2</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>1.4301 170x1,2</b>	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 84. Ejemplo de materiales y previsión de demanda en Matrices Alcántara (Fuente: Elaboración propia)

KIT	Pieza	Stock máximo fijado	Stock máximo en 1 año (antes)	Diferencia	Valor monetario por pieza	Total (€)
70004839	82374467	2000		-2000	0,489	-978
	82374468	2000		-2000	0,489	-978
70004909	82370304	1000	2800	1800	0,489	880,2
	82370305	1000	2800	1800	0,489	880,2
	82100851	1500	2500	1000	0,489	489
	82111267	1000	2000	1000	0,489	489
	82187416	2000	4000	2000	0,489	978
	82218962	700	2100	1400	0,489	684,6
	82234950	700	2100	1400	0,489	684,6
	82365746	800	2000	1200	0,489	586,8
	82365748	800	2000	1200	0,489	586,8
	82370303	1000	3500	2500	0,489	1222,5
	82374466	1000	3000	2000	0,489	978
82102707	82046697	1200	2800	1600	0,8725	1396
	82057878	1200	2800	1600	0,8725	1396
82108093	82034289	1200	3800	2600	0,8725	2268,5
	82057878	1200	3800	2600	0,8725	2268,5
82137003	82046697	1200	4200	3000	0,8725	2617,5

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

	82132761	1200	4200	3000	0,8725	2617,5
82135408	82106017	1200	4500	3300	0,865	2854,5
	82106016	1200	4500	3300	0,865	2854,5
82136113	82131176	1200	3600	2400	0,865	2076
	82131468	1200	3600	2400	0,865	2076
82136115	82130911	1200	3300	2100	0,865	1816,5
	82131468	1200	3300	2100	0,865	1816,5
82054569	326012	1000	2500	1500	1,186	1779
	327423	1000	2500	1500	1,186	1779
82054581	325897	1000	3000	2000	1,186	2372
	667459	1000	3000	2000	1,186	2372
	82265371	3250	0	-3250	0,3195	-1038,375
	82175114	1800	6000	4200	0,28	1176
	82175175	1800	6000	4200	0,28	1176
	82279503	1200	5400	4200	0,2315	972,3
	82279736	1200	5400	4200	0,2315	972,3
	82101630	2000	7000	5000	0,337	1685
	82303436	1500	7500	6000	0,24526	1471,56
	82230543	1800	5400	3600	0,4543266	1635,57576
	82206207	1800	5400	3600	0,42869792	1543,312512
	82357970	1500	6000	4500	0,2231912	1004,3604
	82357969	1500	3000	1500	0,2231912	334,7868
	82321945	900	3600	2700	0,44151226	1192,083102
	82406994	1300	5200	3900	0,366909	1430,9451
	82199961	1000	4000	3000	1,783	5349
	82396922	4000	12000	8000	0,1754632	1403,7056
	82013990	1500	9000	7500	0,3445	2583,75
	82054800	3000	7500	4500	0,3445	1550,25
	82062296	4000	14000	10000	0,2587	2587
	82266229	5000	14000	9000	0,11	990
	82343690	2500	5000	2500	0,1997	499,25
	82343910	2500	7500	5000	0,1997	998,5
	82161829	1600	3200	1600	0,629	1006,4
	82161830	1600	3200	1600	0,629	1006,4
	82161831	1600	3200	1600	0,629	1006,4
	82161832	1600	3200	1600	0,629	1006,4
82167043	82157264	2400	6000	3600	0,629	2264,4
	82157412	2400	6000	3600	0,629	2264,4
82167555	82163218	1600	3800	2200	0,629	1383,8
	82163219	1600	3800	2200	0,629	1383,8
82173457	82157264	1200	2200	1000	0,629	629
	82168711	1200	2200	1000	0,629	629
	82193646	800	1600	800	0,629	503,2
	82193664	800	1600	800	0,629	503,2

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PROVEEDORA DEL AUTOMÓVIL DEDICADA A LA ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA DE PIEZAS METÁLICAS SITUADA EN MUSEROS

	82220635	800	2000	1200	0,629	754,8
	82220641	800	1600	800	0,629	503,2
	82241265	1500	2250	750	0,422	317,02
	82241266	1500	2000	500	0,422	211,35
	82261862	1600	2000	400	0,495	198
	82262318	1600	3200	1600	0,486	777,6
	82269100	1000	2750	1750	0,43178925	755,6311875
	82269123	1000	3000	2000	0,43178925	863,5785
	82339425	2000	2500	500	0,193	96,5
	82376668	800	2400	1600	0,3674	587,84
	82376669	1200	3000	1800	0,363	653,4
	82376671	2400	3000	600	0	0
	82376779	600	1800	1200	0,3674	440,88
					<b>TOTAL:</b>	<b>90.127 €</b>

Tabla 85. Comparación en inmovilizado del diseño previo del layout con el nuevo (Fuente: Elaboración propia)

## Anexos v. Planos

En el presente anexo se pretende introducir los diferentes planos de distribuciones en planta que se han ido desarrollando a lo largo del proyecto para poder apreciarlos con más claridad. La distribución es la siguiente:

- Plano 1: Muestra el layout de producto terminado antes de realizar acciones de mejora.
- Plano 2: Muestra el layout general de la planta antes de realizar el proyecto.
- Plano 3: Muestra el layout de producto terminado después de realizar acciones de mejora.
- Plano 4: Muestra la redistribución del almacén de materia prima.
- Plano 5: Muestra la nueva distribución general en planta después de la aplicación del proyecto.

16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

82321220 82316808 82316807	82321216 82319772	
82276228 82291991	82276222 82276223	
70003811	82163158	
82121888	82159303	
82054569	82054581	
82234950	82218962	
325717 325718	82187416	
82113135 682579	82100851 365337	
82113133	82111267 82101630	
82137003	82137003	82137003
82108093	82108093	82108093
82102707	82102707	82102707
82173457	82173457	82173457
82167555	82167555	82167555
82167043	82167043	82167043
82167043	82167043	82167043

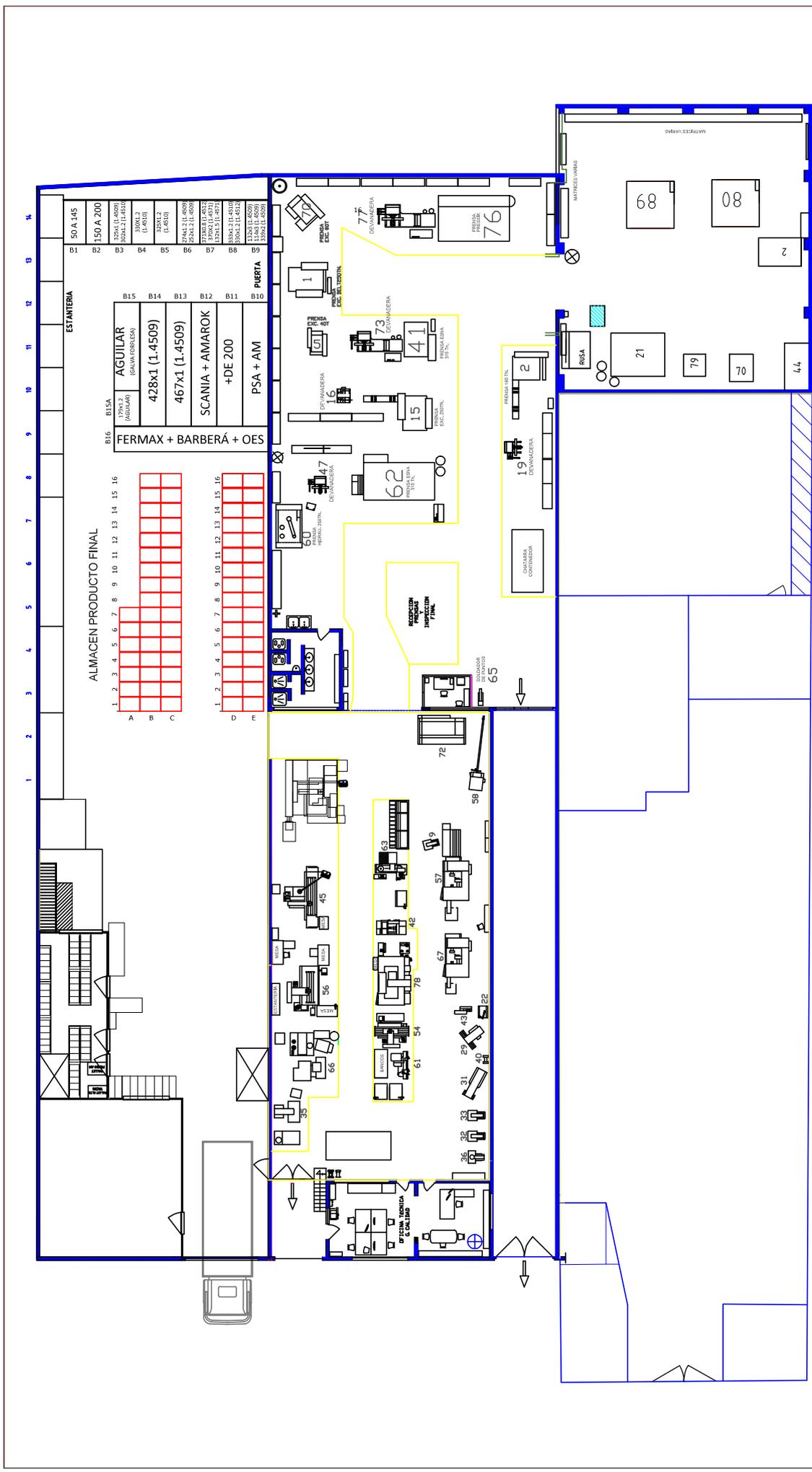
A B C

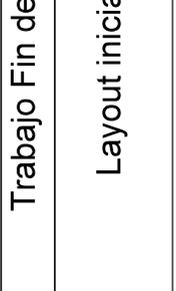
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

82311397 82314724 82216707	70003782 70003505	
82279736 82279503 822303436	82376668 82376669 82376771 82376779	
82241265 82241266	82269100 82269123	
82271924	82266229	
82262318	82261862	
82135408	82135408	
82135408	82135408	
82136115	82136115	
82136113	82136113	
82175175	82175175	
82175114	82175114	
82161832	82161832	
82161831	82161831	
82161830	82161830	
82161829	82161829	
82167043	82167043	

D E

Autor	José Carlos de las Heras Aparicio		
Empresa	Matrices Alcántara S.L.		
	Trabajo Fin de Máster		Escala
	Almacén de producto terminado inicial		Nº de Plano 1:50 1



Autor	José Carlos de las Heras Aparicio		
Empresa	Matrices Alcántara S.L.		
	Trabajo Fin de Máster		
Escala	1:400	Nº de Plano	2
Layout inicial			



4 3 2 1

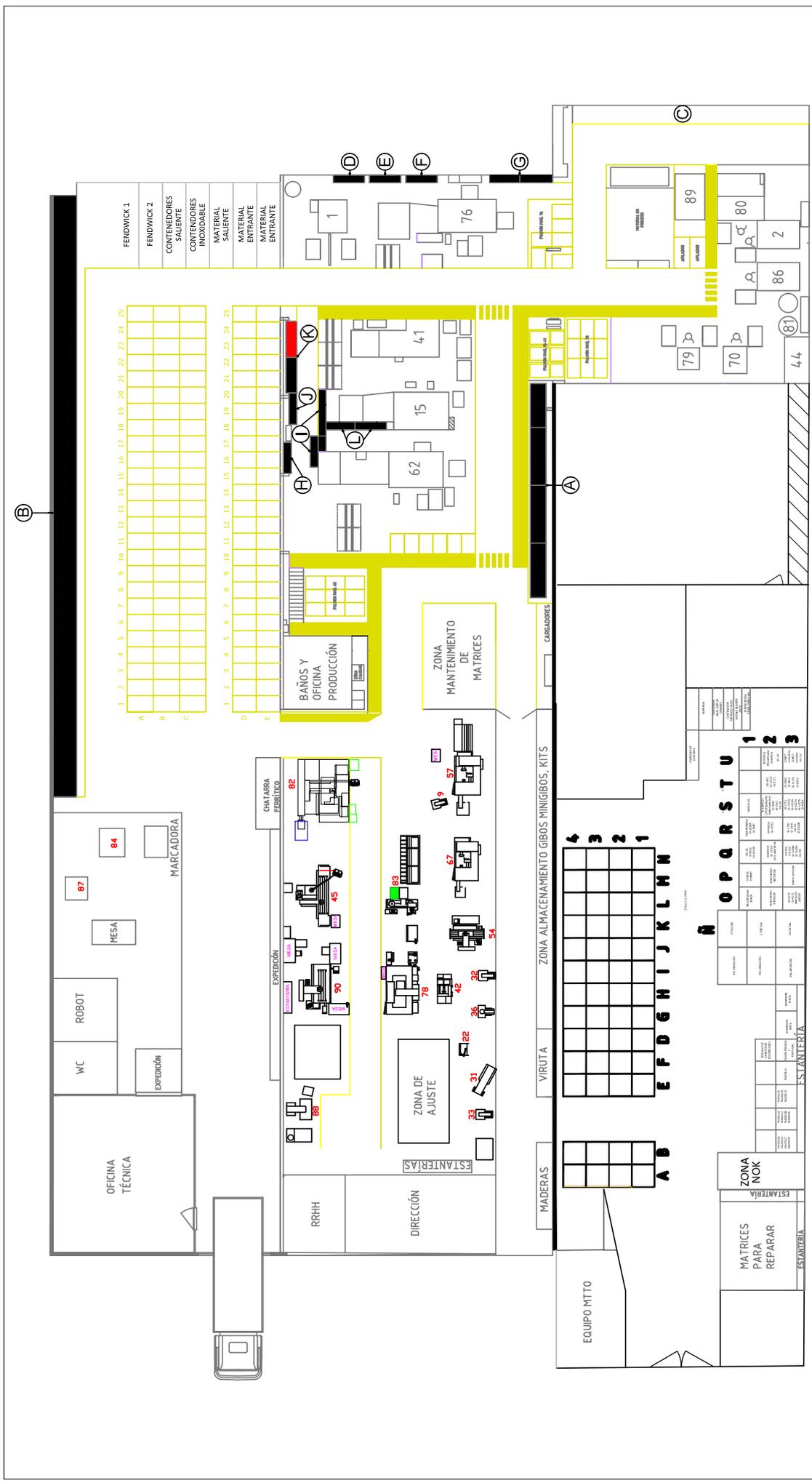
134x1,2 GAL 192x1 GAL 44x1,2 GAL 185x1,5 GAL	40x2 (GALVA) 1483x3 (GALVA) 178x3 (GALVA) OTROS (GALVA)	149x2 (GALVA) 199x2 (GALVA) 229x2 (GALVA)	179x2 (GALVA) 158x3 (GALVA)
BOBINAS SIN UBICACIÓN	189,5x1 (1,4510) 69x1,5 (1,4509)	173x1,5 (1.4509)	252x1,2 (1,4509)
BOBINAS SIN UBICACIÓN	95x1,5 (1,4509) 105x1,5 (1,4509)	212x1 (1.4509)	339x2(1,4509)
BOBINAS SIN UBICACIÓN	2400x1000x0,4 (1,4301) 136x1,5 (1,4301)	190x1,2 AL (1.4512)	274x1,2 (1.4509)
BOBINAS SIN UBICACIÓN	193x1,5 (1,4509) 235x1,2 (1,4509)	132x1,5(1,4571)	280x3 (1.4512)
330x1,2 (1,4510) 190x1,2 (1,4512) 42x2 (1,4512)	70x3 (1,4509) 121,5x1 (1,4509)	320x1 (1.4512)	325x1,2 (1.4510)
305x1,2 (1,4509) 248x1,5 (1,4512) 187x1,5 (1,4512) 213x1,2 (1,4512)	193x1,2 (1,4509) 348x1,2 (1,4509)	160x1 (1.4512)	370x2 (1.4571)
48x1,5 (1,4301) 145x1,5 (1,4509) 414x1,5 (1,4512) 201x1,5 (1,4509)	132x3 (1,4509) 210x1,5 (1,4301)	114x3 (1.4509)	330x1,2 (1.4512)
185x1 (1,4509) 56x1,5 (1,4301) 302x1,2 (1,4510) 212x0,8 AL (1,4512)	118x3 (1,4301) 206,5x3 (1,4301)	224x1 (1,4509)	370x1,5 (1.4301)
104x1,2 (1,4509) 50x1,5 (1,4509) 65x1,5 (1,4301) 52x1 (1,4509)	325x1 (1,4509) 165x0,7 (1,4512)	242x1,2 (1,4510)	195x0,8 (1.4512)
170,5x3 (1,4509) 91x3 (1,4509) 251x0,8 (1,4509) 161x0,8 (1,4509)	127x2 (1,4509) 78x2 (1,4521)	371x0,8 (1,4512)	322x0,7 (1.4510)

M L K J I H G F E D C

467x1 (1.4509)	428x1 (1.4509)
----------------	----------------

A B

Autor	José Carlos de las Heras Aparicio		
Empresa	Matrices Alcántara S.L.		
	Trabajo Fin de Máster		Nº de Plano 4
	Nuevo layout del almacén de materia prima		Escala 1:50



<b>Autor</b>	José Carlos de las Heras Aparicio		
<b>Empresa</b>	Matrices Alcántara S.L.		
	Universitat Politècnica de Valencia		Nº de Plano 5
	Trabajo Fin de Máster		
Layout final		Escala 1:400	