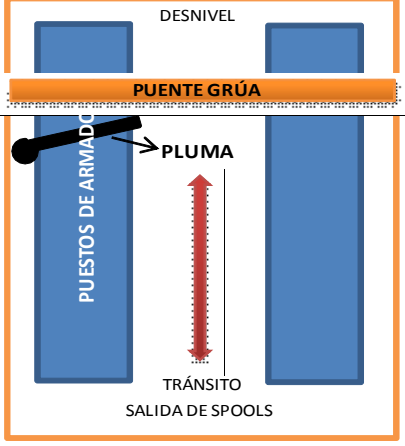
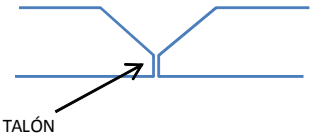
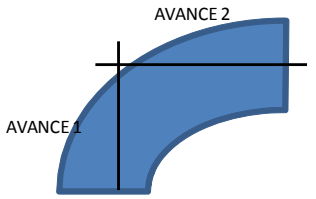


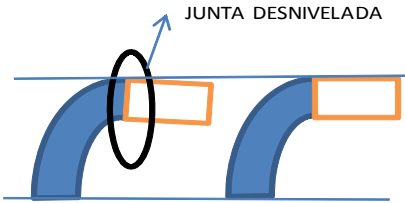

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Caracterización de los defectos encontrados.....	1
Anexo 2.	Máquinas de la sección habilitado.....	11
Anexo 3.	Máquinas de la sección calderería.....	12
Anexo 4.	Máquinas de la sección mecánica.....	13
Anexo 5.	Máquinas de la sección soldadura.....	16
Anexo 6.	Máquinas de la sección pintura.....	16
Anexo 7.	Diagrama de operación para fabricación de spools.....	17
Anexo 8.	Mapa de procesos de la empresa.....	18
Anexo 9.	Vista de planta del área de producción de spools.....	19
Anexo 10.	Matriz de evaluación de puntos críticos del proceso de producción.....	20
Anexo 11.	Descripción y calificación de los criterios de priorización para el ordenamiento de defectos detectados en los spools.....	22
Anexo 12.	Matriz de priorización de defectos detectados.....	24
Anexo 13.	Ahorros generados por defectos no prioritarios.....	26
Anexo 14.	Diagramas causa – efecto para defectos seleccionados como prioritarios.....	27
Anexo 15.	Clasificación detallada de las herramientas de manufactura esbelta.....	33
Anexo 16.	Observaciones sobre las herramientas asignadas a la solución de cada defecto.....	36
Anexo 17.	Etapas generales para la aplicación de las herramientas.....	37
Anexo 18.	Las seis reglas de kanban.....	49
Anexo 19.	Situación actual de los flujos de información y material.....	51
Anexo 20.	Listado de tipos de kanban entre los procesos.....	52
Anexo 21.	Lista de chequeo para actividades que no agregan valor.....	53
Anexo 22.	Matriz sugerida para evaluación de propuestas de mecanismos poka yoke.....	54
Anexo 23.	Impacto de las herramientas de manufactura esbelta en los defectos detectados.....	55
Anexo 24.	Costos y tiempos adicionales debidos a defectos prioritarios a reducir con 5´S y kanban.....	57
Anexo 25.	Costos y tiempos adicionales debidos a defectos prioritarios.....	58
Anexo 26.	Costos y tiempos adicionales debidos a todos los defectos a reducir con 5´S y kanban.....	59

Anexo 1. Caracterización de los defectos encontrados

SECCIÓN SPOOL							
PROCESO	ITEM	DIFICULTAD PRESENTADA	IMPACTO	POSIBLE CAUSA	DEFECTO DETECTADO ANTES DEL PROCESO	DEFECTO DETECTADO DURANTE EL PROCESO	DEFECTO DETECTADO DESPUÉS DEL PROCESO
ARMADO DE SPOOLS	1	Los armadores tienen que traer los accesorios que utilizarán para armar el spool según los planos. El tiempo promedio en traer un accesorio, dependiendo de la disponibilidad del puente grúa, es de 5,4 minutos.	Esto crea un tráfico en la zona de tránsito ya que los operarios tienen que utilizar el puente grúa para poder transportar el accesorio. Además el tiempo de espera del accesorio y el de la operación aumenta por esta maniobra.	El maniobrista no se abastece para transportar todos los accesorios a cada puesto de trabajo (armado y soldadura). Solo existe un maniobrista por turno.		x	
	2	Disponibilidad del puente grúa al transportar el spool armado hacia el área de soldadura	Al no tener disponible el puente grúa, los spools armados se colocan en algún lugar del puesto de trabajo de armado, creándose un retraso en la operación de soldadura y un espacio ocupado en la work center de armado.	Ordenamiento de la zona de spools. El área se encuentra delimitado de la siguiente manera :  Este ordenamiento obliga usar al operario el puente grúa mas no las plumas, siendo la distancia a transportar de un puesto de armado hacia uno de soldadura mayor al radio de giro de la pluma.		x	




<p>ARMADO DE SPOOLS</p>	<p>3</p>	<p>La junta apuntalada presenta, en algunos casos, una unión muy estrecha entre los talones de ambas partes de la junta.</p> 	<p>Esto dificulta realizar el pase de raíz, que es depositado entre los talones. Al no poderse realizar el pase raíz, el tubo vuelve hacia el área de armado para ser rectificadado, con ello se da un aumento de tiempo y retraso en la operación de armado y soldadura.</p>	<p>No se está respetando las distancias que debe de haber entre los talones al apuntalar. Así tenemos :</p> <table border="1" data-bbox="1205 308 1550 459"> <thead> <tr> <th>TUBOS \ PARA</th> <th>DISTANCIA ENTRE TALONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hasta 12"</td> <td>2mm</td> </tr> <tr> <td>mayores de 12"</td> <td>5mm</td> </tr> </tbody> </table>	TUBOS \ PARA	DISTANCIA ENTRE TALONES	Hasta 12"	2mm	mayores de 12"	5mm			<p>x</p>
TUBOS \ PARA	DISTANCIA ENTRE TALONES												
Hasta 12"	2mm												
mayores de 12"	5mm												
<p>MARCACIÓN DE LA WORK ORDER</p>	<p>4</p>	<p>Demora en abrir y cerrar la work order para las operaciones de armado y soldadura, inclusive.</p>	<p>Tiempo muerto por la espera que se hace hasta que se pueda aperturar una nueva operación. Este tiempo muerto varía de entre 2 a 6 minutos.</p>	<p>Solo se cuenta con un terminal de marcación para todos los operarios de armado y soldadura que quieran marcar alguna Work Order. Además la computadora que se utiliza como terminal de marcación es muy lenta.</p>		<p>x</p>							
<p>ARMADO DE SPOOLS</p>	<p>5</p>	<p>Los codos y curvas en ocasiones no vienen con los avances especificados en los planos. Además no presentan la redondez adecuada para el armado.</p> 	<p>Esto genera un tiempo extra para corregir los defectos que se presenten</p>	<p>El área de calidad no revisa correctamente los accesorios del proveedor</p>		<p>x</p>							


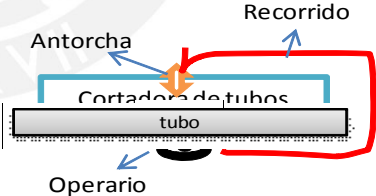
ARMADO DE SPOOLS	6	Los accesorios como los codos, no vienen rectos en sus extremos.	Aumento del tiempo de armado	Los accesorios son traídos por los proveedores 		x	
ARMADO DE SPOOLS	7	Cables de las conexiones eléctricas expuestas al manipuleo de los spools y accesorios	Deterioro de los cables, condición subestandar para el operario (riesgo eléctrico) y aumento del tiempo de recorrido al estar fijándose de tropezar con los cables	Los cables son tendidos solo con el fin de alcanzar la conexión deseada 		x	
	8	Spools apuntalados amontonados en los puestos de trabajo de armado	Se crea un sistema push hacia los puestos de pase de raíz y acabado, generando demoras.	Se arma sin considerar que los soldadores aún tienen spools que soldar. Los armadores tratan de armar spools con tal de hacer más PD, sin considerar el espacio que tienen disponible. No hay un área definida para colocar los spools armados.		x	
	9	No se tiene despejada el lugar donde se realiza las operaciones de armado	Mayor tiempo de manipuleo y desorden	No se tiene definido el puesto de trabajo		x	
	10	El maniobrista no ubica bien los spools que se encuentran listos para llevar al área de soldadura	Mayor tiempo muerto en el manipuleo	No se cuenta con un sticker que muestre el estado del spool, hay una escritura que se realiza de la W/O, iniciales del operario y el plano, pero que a veces no se percibe correctamente		x	

ARMADO DE SPOOLS	11	No hay rotación PEPS en los spools que son armados	Mantener alto el inventario de producto en proceso sin identificar	No se tiene un área definido para colocar los spools armados siguiendo el criterio PEPS		x	
	12	Muy poca practicidad en la nivelación de los accesorios con el tubo para el apuntalado	Demasiado tiempo en la operación de nivelado	No se cuenta con las herramientas de precisión adecuadas.		x	

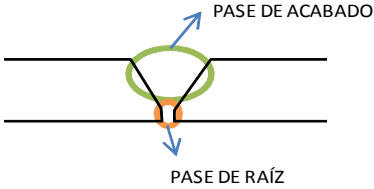
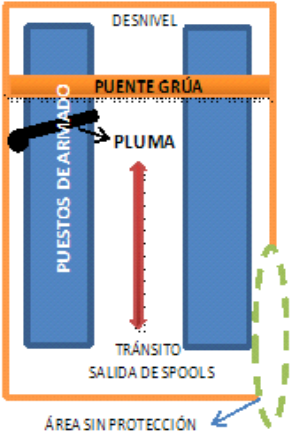

SECCIÓN SPOOL


PROCESO	ITEM	DIFICULTAD PRESENTADA	IMPACTO	POSIBLE CAUSA	DEFECTO DETECTADO ANTES DEL PROCESO	DEFECTO DETECTADO DURANTE EL PROCESO	DEFECTO DETECTADO DESPUÉS DEL PROCESO
CORTE DE TUBOS	13	Alguno de los tubos que entran a corte presentan abolladuras y golpes en diferentes extremos y partes del mismo.	Estos tubos son necesariamente corregidos para proseguir con el corte. El tiempo de esta corrección es de aproximadamente 45 min.	Las maniobras en el traslado de los tubos por parte del proveedor, y por parte del almacén al descargar en la zona de materia prima.	x		
RECIBIMIENTO DE MATERIAL	14	El área de almacén solo recibe material para la producción (tubos, bridas, olets, etc). No hace una lista de defectos de las piezas que llegan.	Esto hace que el personal de calidad revise desde cero cada pieza para encontrar los defectos, lo cual hace que el tiempo de revisión sean altos.	El personal de limpieza se limita a solo recibir el material sin revisar los problemas de calidad a simple vista.	x		

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CORTE DE TUBOS</p>	<p>15</p>	<p>Reducción de la capacidad del área de trabajo por el exceso de objetos que no aportan a la operación de corte</p>   	<p>Atraso en los cortes por no contar con espacio suficiente para el almacenamiento de tubos</p>	<p>Desorden del área de trabajo</p>		<p>x</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">RECIBIMIENTO DE MATERIAL</p>	<p>16</p>	<p>Al inicio de algunas semanas se presenta la falta de ciertos accesorios que si bien están contemplados en las listas para la producción no se encuentran en el almacén.</p>	<p>Retraso en la producción de spools</p>	<p>Los proveedores no entregan completo los accesorios y/o el personal de almacén no revisa correctamente el nivel de accesorios real.</p>		<p>x</p>	

CORTE DE TUBOS	17	Algunos de los tubos que llegan para la fabricación de spools miden 12 m, 9m y 6m. El área de ingeniería solo tenía conocimiento de que los tubos que llegan son de 6m y 9m, por lo que si se necesita un tubo de 10, 8m entonces Ingeniería solicita cortar 5,4m de cada tubo de 6m para luego unirlo mediante soldadura.	Esto genera pérdida de tiempo y consumibles de soldadura en operaciones que no son necesarias, pues existen tubos con que bastaría realizarle un solo corte para poder obtener la longitud deseada.	Coordinación de planos entre las áreas de ingeniería y almacén		x	
	18	Irregularidad en el corte con inclinación para obtener el corte biselado	Aparición de pequeñas ranuras a lo largo de la parte cortada y biselada 	Los 4 polines con que cuenta la máquina están accionados por un piñón que hace girar un polín y por transmisión a los demás, esto hace que en algún momento uno de los polines de un ligero salto, provocando el salto del tubo. No hay un dispositivo de ajuste al tubo mientras se realiza el corte, para contrarrestar el salto provocado por los polines. La antorcha de la cortadora presenta ligeros movimientos durante el corte por la corriente de aire existente		x	
	19	Traslado del carro de la antorcha toma entre 40 y 50 seg en ser posicionado para el corte del tubo	Demora en el tiempo de operación de corte	El operario tiene que caminar del lugar donde coloca el tubo hacia el lado donde se debe ajustar el carro de la antorcha, que es casi 08 metros por cada corte nuevo 		x	
	20	No se cumple las tolerancias exigidas en el corte del tubo	Retraso en la operación de soldadura de spools	Falta de coordinación de los entre la sección de habilitado y spools			x

BISELADO DE TUBOS	21	Disponibilidad de la máquina biseladora para tubos de diámetros pequeños	Demora de la operación y espacio ocupado por los tubos que esperan el bisel	Solo hay una máquina biseladora que no es suficiente cuando hay demasiada carga de tubos de diámetros pequeños		x	
	22	El biselado se hace generalmente para obtener el talón necesario en los tubos menores a 6" de diámetro. La máquina biseladora tiene 4 ranuras en donde se colocan las cuchillas para realizar la operación. Actualmente se utiliza solo una de las ranuras, solo una cuchilla, para el biselado	No se alcanza muchas veces al talón que se requiere de 2 mm y la cuchilla se gasta más rápido	No se usa las 4 ranuras que tiene la máquina, mas se esta esforzando solo una cuchilla al trabajo de 4		x	

SECCIÓN SPOOL							
PROCESO	ITEM	DIFICULTAD PRESENTADA	IMPACTO	POSIBLE CAUSA	DEFECTO DETECTADO ANTES DEL PROCESO	DEFECTO DETECTADO DURANTE EL PROCESO	DEFECTO DETECTADO DESPUÉS DEL PROCESO
PASE DE RAÍZ	23	<p>Cuando se realiza el pase de acabado con soldadura SAW, ocurre a veces que la junta inicial, compuesta por el pase de raíz, se funde mientras se realiza el de acabado.</p> 	<p>Esto ocasiona el paro de la operación de soldadura, puesto que la base para realizar el pase de acabado, que es el pase de raíz se funde y desaparece. Con lo cual se tendría que realizar otro pase de raíz.</p>	<p>Al finalizar el pase de raíz se procede a esmerilar la junta de forma que se deja lista para el pase de acabado. Como el pase de acabado con soldadura SAW genera una absorción en las juntas mediante la fundición. Si el pase de raíz se esmerila demasiado entonces el pase de acabado pasaría a través de esta, ocasionando un retraso en la operación.</p>		X	
PASE DE RAÍZ Y ACABADO	24	<p>El viento que pasa por la parte descubierta de la zona de spools, en donde se realiza el pase de raíz y acabado, es muy alto</p> 	<p>Esto ocasiona que cuando se realice el pase de raíz y el de acabado, el arco generado se vea interrumpido por el viento, con lo que la soldadura resulta defectuosa.</p>	<p>El viento que se genera por la falta de protección y/o pared en el área de spools</p> 		X	

<p>PASE DE ACABADO</p>	<p>25</p>	<p>Inoperatividad de los soportes para soldar con alambre los spools que lo requieran</p>	<p>Debido a la falta de mantenimiento y al esfuerzo que hace el operario para soldar con alambre, la operación demora un tiempo mayor a lo previsto y en el peor de los casos se suelda a mano.</p>	<p>No se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo de las máquinas y/o herramientas necesarias</p>		<p>x</p>	
<p>PASE DE RAÍZ Y ACABADO</p>	<p>26</p>	<p>Cables de las conexiones eléctricas expuestas al manipuleo de los spools y accesorios</p>	<p>Deterioro de los cables y condición subestandar para el operario (riesgo eléctrico)</p>	<p>Los cables son tendidos solo con el fin de alcanzar la conexión deseada</p> 		<p>x</p>	
<p>PASE DE RAÍZ Y ACABADO</p>	<p>27</p>	<p>Alto recorrido de los spool que pasan del pase de raíz al acabado</p>	<p>Alto tiempo de manipuleo</p>	<p>No se cuenta con áreas definidas para cada tamaño de spools. Los procesos de soldadura empleados son variables según el spools a soldar.</p>		<p>x</p>	

SECCIÓN SPOOL							
PROCESO	ITEM	DIFICULTAD PRESENTADA	IMPACTO	POSIBLE CAUSA	DEFECTO DETECTADO ANTES DEL PROCESO	DEFECTO DETECTADO DURANTE EL PROCESO	DEFECTO DETECTADO DESPUÉS DEL PROCESO
PINTURA	28	No se tiene conocimiento exacto de cuanta pintura presupuestar para pintar un determinado spool	Desperdicio de pintura	Se conoce un área estándar de los spools, la cual no refleja algunas partes de la misma.	X		
	29	Cantidad regular de spools en proceso	Desorden y cola de espera	No se aplica una rotación PEPS, no se tiene asignado un lugar para cada zona (espera, producto terminado, operación).		X	

Anexo 2. Máquinas de la sección habilitado

MÁQUINA	CENTRO DE TRABAJO	CARACTERÍSTICAS GENERALES
Sierra cinta automática	SRA1	Capacidad de corte: 150mm x 150mm Sierra: 2160 x 20 x 1mm Perdidas por corte: 1.2mm Velocidad de corte: 35/70 m/s motor: 1HP Cap. De bomba refr.: 75 litros
Sierra mecánica	SRA3	Marca: Delcrosa Voltaje: 220/380 V Amperaje: 6.6/3.3 A 3 fajas en v para accion. De sierra 1 faja en v para bomba refrig.
Sierra mecánica	SRA2	
Pantógrafos	PAN1	Fuente de alim. De plasma Control numérico Modelo: PCM-150 Cámara de agua Corte en plasma: hasta planchas 1/2" Corte en oxicorte: de 16 mm a 130 mm
	PAN2	Fuente de alim. De plasma Control numérico Modelo: PCM-150 Corte en plasma: hasta planchas 1/2" Corte en oxicorte: de 16 mm a 130 mm
Apoyo al pantógrafo	AHA1	
	AHA2	
Cortadora de tubos	COR1	
	COR2	
Cizallas	CIZ1	Capacidades: 3000 x 12 mm Presión de trabajo: 45 Bar Dimensiones: 3520 x 2108 x 2015 mm
	CIZ2	Capacidad: Planchas de 1/2" air pressure: 50-60 lbs
Apoyo a la cizalla	ACIZ	

Anexo 3. Máquinas de la sección calderería

MÁQUINA	CENTRO DE TRABAJO	CARACTERÍSTICAS GENERALES
Biselado	BIS1	
	BIS2	
	BIS3	
	BIS4	
	BIS5	
Calderería Fajardo	FA (1-14)	
Calderería Quipuzco	QU (1-16)	
Calderería FIMA S.A.	FI (1-21)	
Calderería Nuñez	N U (1-15)	
Roladoras	RL4	Diam. Rodillo superior: 375 mm Diam. Rodillos inferiores: 375 mm Espesor de plancha: 19-24 mm Ancho de plancha: 3000 mm Capacidad del tanque: 190 litros
	RL5	Capacidad: 3000 mm x 3/8"
	RL7	
	RL6	Roladora de tubos
Apoyo a la roladora		
Grupo dobladoras	DB1	Tipo: Hidráulico Capacidad: 230 TN Plancha: 3/8" x 12"
	DB2	Plancha: 3/8" x 12"
	DB3	Tipo: Hidráulico Capacidad: 250 TN Plancha: 3/8" x 12"
Apoyo a la dobladora		
Cizalla	CIZ2	Planchas: 3/8" A-36
Apoyo a la cizalla		

Anexo 4. Máquinas de la sección mecánica

MÁQUINA	CENTRO DE TRABAJO	CARACTERÍSTICAS GENERALES
Torno vertical bullard	TVBU	Tipo: Vertical Diámetro de volteo: 850 mm Longitud entre centros: 600 mm Diámetro del chuck: 840 mm
Torno vertical Dorries	TVDO	Tipo: Vertical Diámetro de volteo: 2800/2920 mm Longitud entre centros: 2200 mm Diámetro del chuck: 2500 mm
Torno vertical stanko	TVST	Tipo: Vertical Diámetro de volteo: 1500 mm Longitud entre centros: 1000 mm Diámetro del chuck: 1400 mm
Torno vertical ultragrande	TVUL	Tipo: Vertical Diámetro de volteo: 6300 mm Longitud entre centros: 3200 mm
Torno largo	TLAR	Tipo: Horizontal Diámetro de volteo: 820 / 1110 mm Longitud entre centros: 6300 mm Diámetro del chuck: 705 mm
Torno fuji seiki	TFUJ	Tipo: Horizontal Diámetro de volteo: 1880 mm Longitud entre centros: 2500 mm Diámetro del chuck: 1255 mm
Torno horizontal grande	TG09	Tipo: Horizontal Diámetro de volteo: 600 mm Longitud entre centros: 1500 mm Diámetro del chuck: 500 mm
	TG10	Tipo: Horizontal Diámetro de volteo: 500/600 mm Longitud entre centros: 1500 mm Diámetro del chuck: 305/500 mm
	TG12	Tipo: Horizontal Diámetro de volteo: 500 mm Longitud entre centros: 2000 mm Diámetro del chuck: 315 mm
Torno horizontal mediano	TM08	Tipo: Horizontal Diámetro de volteo: 520 mm Longitud entre centros: 2000 mm Diámetro del chuck: 400 mm
Torno CNC Haas chico	HACH	Tipo: Horizontal Diámetro de volteo: 432 mm

Torno CNC Haas mediano	HAME	Tipo: Horizontal Diámetro de volteo: 648 mm Longitud entre centros: 2032 mm
Taladro columna	TAC1	Carrera: 200 mm Dist. De bancada máxima: 890 mm Bancada: 580 x 450 mm MORSE: 5
	TAC2	Carrera: 200 mm Dist. De bancada máxima: 890 mm Bancada: 580 x 450 mm MORSE: 5
	TAC4	Carrera: 180 mm Dist. De bancada máxima: 750 mm Bancada: 450 x 325 mm MORSE: 3
Taladro radial	TR09	Carrera: 380 mm Dist. radial máxima: 1100 mm Bancada: 950 x 1600 mm Giro: 360
	TR11	Carrera: 400 mm Dist. radial máxima: 1300 mm Bancada: 810 x 1710 mm Giro: 360
	TR12	Carrera: 220 mm Dist. radial máxima: 650 mm Bancada: 860 x 580 mm Giro: 360
	TR14	Carrera: 290 mm Dist. radial máxima: 1760 mm Bancada: 990 x 950 mm Giro: 360
	TR15	Carrera: 730 mm Dist. radial máxima: 1000 mm Bancada: 750 x 1250 mm Giro: 360
Mandrinadoras	MAN2	Carrera husillo: 700 mm Desplazamiento lineal: 1400 mm Desplazamiento vertical: 900 mm
	MAN4	Carrera husillo: 950 mm Desplazamiento lineal: 2000 mm Desplazamiento transversal: 1600 mm
Mandrinadora ultragrande	MAUL	Carrera husillo: 1500 mm Desplazamiento lineal: 4500 mm Desplazamiento transversal: 2000 mm Desplazamiento vertical: 4000 mm
Varios-mecánicos	MEC (1-4)	
Fresadoras	FRE2	Desplazamiento lineal: 210 mm Desplazamiento lateral: 700 mm

Generadoras	GEN1	Diámetro: 1450 mm Distancia de eje creador: 820 mm Desplazamiento vertical: 2700 mm
	GEN4	Diámetro: 1600 mm Distancia de eje creador: 800 mm Desplazamiento vertical: 470 mm
Centro mecanizado horizontal	CMH	Long. De mecanizado: 4066 mm Altura de mecanizado: 1624 mm Profundidad de mecanizado: 934 mm
Centro mecanizado vertical	CMV	Long. De mecanizado: 1660 mm Altura de mecanizado: 760 mm Profundidad de mecanizado: 660 mm
Torno control numérico	CNC2	Tipo: Horizontal Diámetro de volteo: 520 mm Long. Entre centros: 1900 mm
	CNC3	Tipo: Horizontal Diámetro de volteo: 420/460 mm Long. Entre centros: 650 mm Diámetro del chuck: 220 mm
Cepillos	CEP4	Tipo: Horizontal Long. De carrera: 460 mm Bancada: 580 x 650 mm
	CEP6	Tipo: Horizontal Long. De carrera: 630 mm Bancada: 1000 x 820 mm

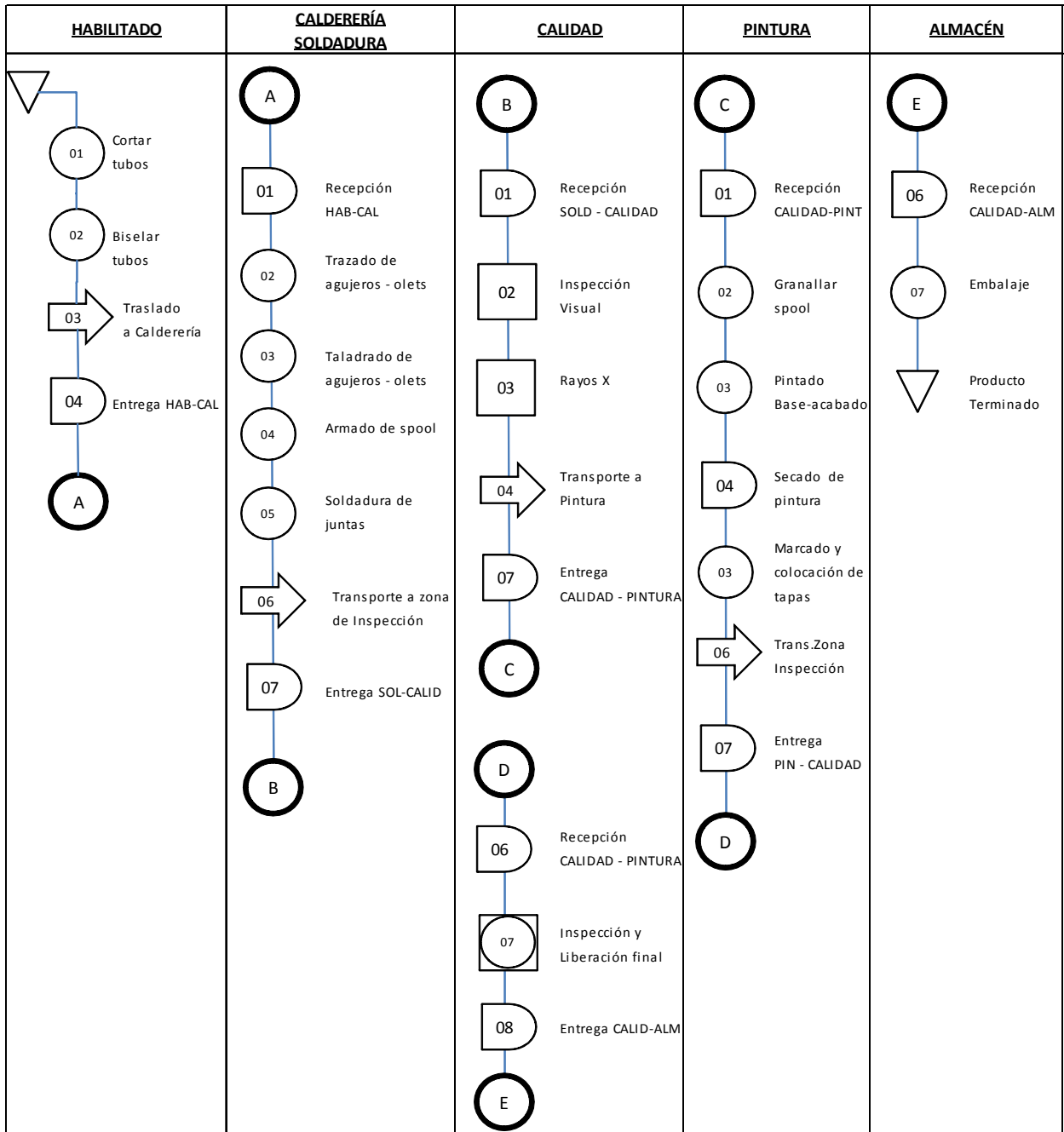
Anexo 5. Máquinas de la sección soldadura

MÁQUINA	CENTRO DE TRABAJO
Soldadura TIG	STI (1-6)
Soldadura manual de alambre	SA (11-35)
Soldadura de arco sumergido	SAS (1-5)
Soldadura manual electrodo	SE (1-5)
Soldadura orbital	

Anexo 6. Máquinas de la sección pintura

MÁQUINA	CENTRO DE TRABAJO
Pasivado	PAS
Pintura	PIN (1-9)
Granallado	GRA (1-4)

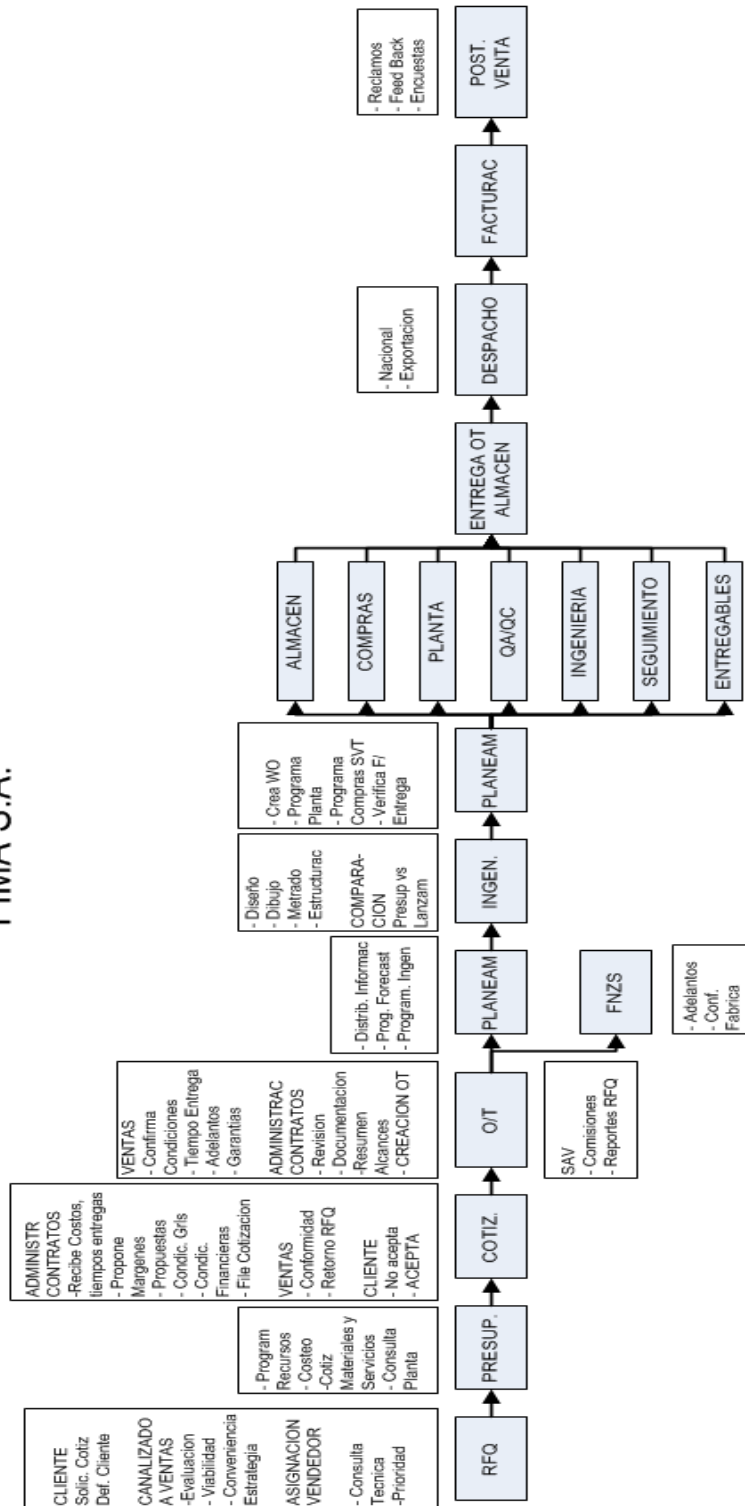
Anexo 7. Diagrama de operación para fabricación de spools



FUENTE: FIMA S.A.
ELABORACIÓN: PROPIA

Anexo 8. Mapa de procesos de Fima S.A. ¹

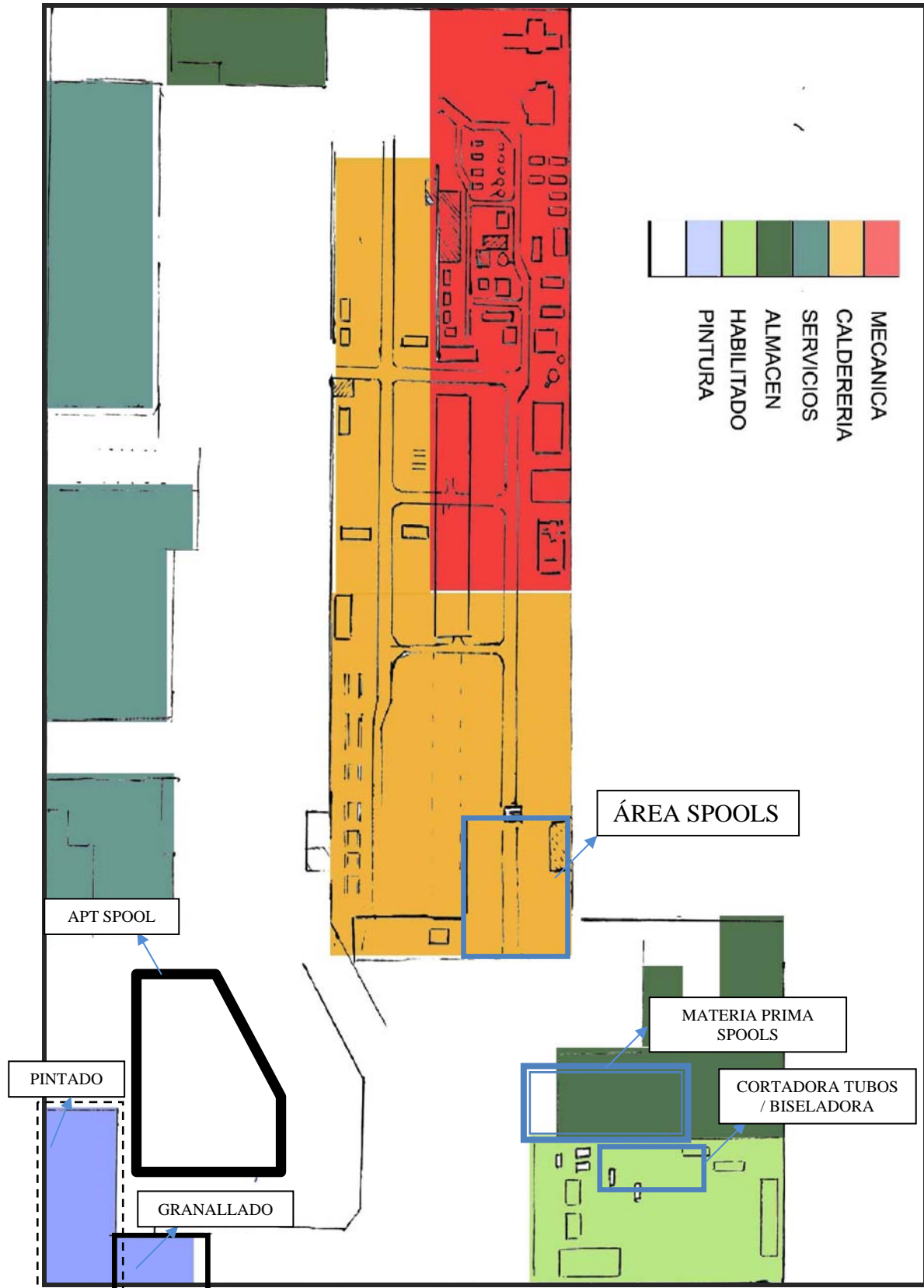
MAPA DE PROCESOS
FIMA S.A.



FUENTE : FIMA S.A.

¹ Las subprocesos que se dan en las secciones de habilitado, calderería, soldadura y pintura se encuentran dentro del proceso Planta.

Anexo 9. Vista de planta del área de producción de spools



FUENTE: FIMA S.A.

Anexo 10. Matriz de evaluación de puntos críticos del proceso de producción²

PROBLEMAS		PROCESOS					
		HABILITADO	CALDERERÍA	SOLDADURA	CALIDAD	PINTURA	ALMACÉN
1	Traslado de accesorios		⊗	⊗	Δ		
2	Disponibilidad del puente grúa	Δ	⊗	⊗	⊗		
3	Junta apuntalada		⊗	⊗	⊗		
4	Marcación de la W/O	⊗	○	⊗			
5	Redondez del codo y curva		□		⊗		⊗
6	Paralelidad de los accesorios		○		⊗		⊗
7	Cables eléctricos tendidos	○	⊗	⊗	Δ	□	
8	Spools armado		⊗	○			
9	Espacio armado de spools		⊗	Δ			
10	Ubicación de spools		⊗	⊗			
11	Mala rotación de spools		⊗	⊗	⊗		Δ
12	Nivelado de juntas	○	⊗	Δ			
13	Abolladura en los tubos				○		⊗
14	Revisión de material de proveedores						⊗
15	Desorden del área de corte	⊗	○				○
16	Falta de accesorios						⊗
17	Conocimiento de las dimensiones del tubo	○					⊗
18	Irregularidad en el corte de tubos	⊗	○				
19	Ajuste de antorcha de corte	⊗					

² Evaluados con el supervisor del proyecto spools.

20	Incumplimiento de las tolerancias de corte	⊗	0				
21	Disponibilidad de la biseladora	⊗					
22	Biselado de tubos menores a 6"	⊗	0				
23	Fundición del pase raíz		⊗	⊗			
24	Soldadura interrumpida por el viento			⊗	Δ		
25	Inoperatividad del soporte a soldar			⊗			
26	Conexiones eléctricas		⊗	⊗			
27	Traslado de spools (armado - soldadura)		⊗	0			
28	Pintado de spools					⊗	
29	Espera de spools a pintar				0	⊗	

TOTAL RELACIÓN FUERTE	7	12	11	5	2	6
TOTAL RELACIÓN	3	6	2	2	0	1
TOTAL RELACIÓN DÉBIL	1	0	2	3	0	1
TOTAL POR PROCESO	28	48	39	22	6	21

Anexo 11. Descripción y calificación de los criterios de priorización para el ordenamiento de defectos detectados en los spools

EFFECTO ECONÓMICO PARA LA EMPRESA	
Este criterio determina si el efecto definido genera un efecto económico negativo para la empresa	
Calificación	Descripción
0	El defecto no genera ningún costo adicional para la empresa
3	El defecto le genera un costo adicional dentro de la planta (mano de obra, tiempo, materiales)
5	El defecto genera un costo adicional que además del de la planta incluye distribución

FRECUENCIA CON LA QUE SE PRESENTA	
Este criterio determina la frecuencia con la que se presenta el defecto en un año; es decir, determina el número de veces que se repite dicho defecto en un año	
Calificación	Descripción
0	El defecto se presenta entre 0 y 20 veces en un año
1	El defecto se presenta entre 20 y 100 veces en un año
3	El defecto se presenta entre 100 y 150 veces en un año
5	El defecto se presenta más de 150 veces

DESPERDICIOS MATERIALES QUE SE GENERAN	
Este criterio de priorización determina el número de materiales que se desperdician debido al defecto definido	
Calificación	Descripción
0	No se desperdician materiales debido a este defecto
3	Se desperdicia 1 tipo de material debido a este defecto
5	Se desperdician 2 ó mas tipos de materiales debido a este defecto

DESPERDICIOS EN TIEMPOS QUE SE GENERAN	
Este criterio determina el tiempo que se pierde en el uso de recursos o en el tiempo de trabajo de las personas debido a este defecto	
Calificación	Descripción
0	El defecto no genera pérdida de tiempo
3	El defecto genera una pérdida de tiempo que oscila entre 1 y 20 minutos
5	El defecto genera una pérdida de tiempo mayor a 20 minutos

RELEVANCIA PARA LA EMPRESA	
Este criterio determina la importancia que tiene el defecto para la empresa	
Calificación	Descripción
0	El defecto no es importante para la empresa, por lo tanto no se requiere solución
3	El defecto es importante para la empresa, pero su solución puede esperar (No requiere una respuesta inmediata)
5	El defecto es de gran importancia para la empresa por lo que el interés es darle una solución rápida (inmediata)

EFEECTO EN EL CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES	
Este criterio determina el efecto que genera el defecto en el cumplimiento de especificaciones de los spools	
Calificación	Descripción
0	El defecto no afecta el cumplimiento de especificaciones
5	El defecto afecta el cumplimiento de las especificaciones

EFEECTO EN LAS GARANTÍAS	
Este criterio determina el efecto que genera el defecto respecto a la garantía de los spools	
Calificación	Descripción
0	No se han presentado garantías por este defecto, ni llegarían a generarse
3	Se han presentado entre 1 y 2 garantías en proyectos anteriores, debido a este defecto
5	Se han presentado más de 2 garantías en proyectos anteriores, debido a este defecto

EFEECTO EN LAS CONDICIONES DEL PUESTO DE TRABAJO	
Este criterio determina si el efecto genera un efecto negativo en el o los puestos de trabajo donde se presenta, dificultando el trabajo que desempeña cada persona	
Calificación	Descripción
0	El defecto no afecta las condiciones del puesto de trabajo
3	El defecto afecta negativamente y de manera menor las condiciones del puesto de trabajo
5	El defecto afecta negativamente y de manera crítica las condiciones del puesto de trabajo

Anexo 12. Matriz de priorización de defectos detectados

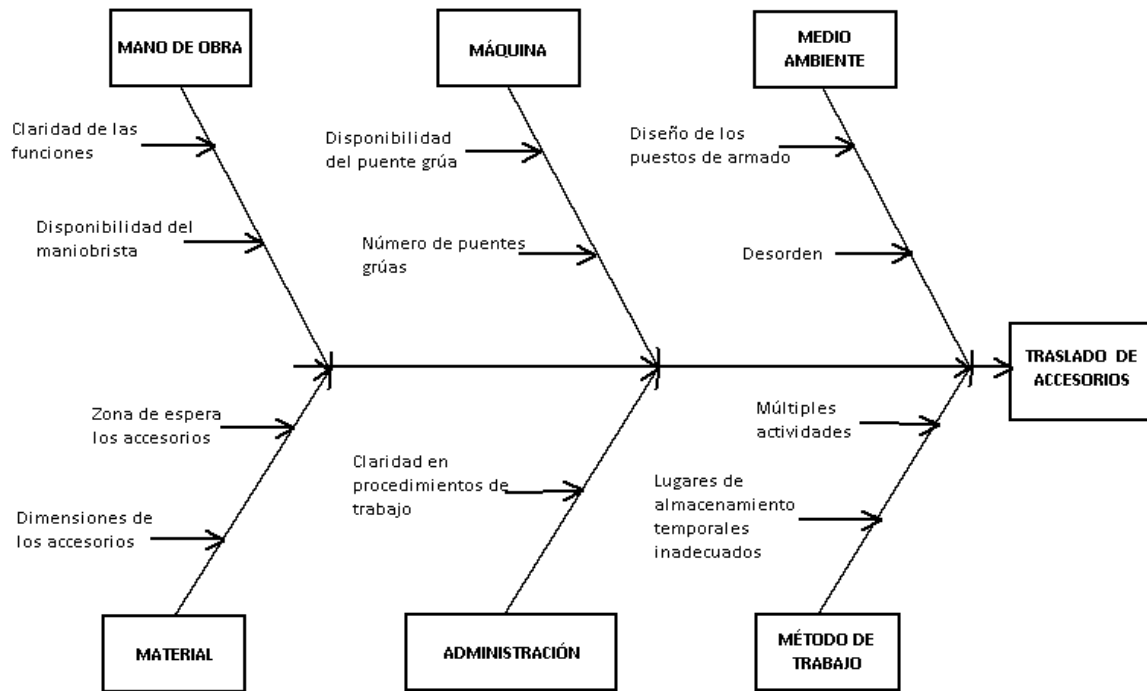
DEFECTO DETECTADO	CRITERIOS								TOTAL
	Efecto en el cumplimiento de las especificaciones	Efecto en Garantías	Desperdicios de materiales que se generan	Desperdicios en tiempos que se generan	Efecto económico para la empresa	Frecuencia con la que se presenta	Efecto en las condiciones del puesto de trabajo	Relevancia para la empresa	
IMPORTANCIA	16%	13%	12%	12%	12%	12%	12%	11%	100%
1 Traslado de accesorios	5	0	0	3	3	5	5	5	3.27
2 Disponibilidad de puente grúa	0	0	0	5	3	5	5	5	2.71
3 Junta apuntalada	5	0	5	3	3	5	3	3	3.41
4 Marcación de la W/O	0	0	0	3	3	5	3	5	2.23
5 Redondez del codo y curva	5	3	5	5	3	1	0	3	3.20
6 Paralelidad de los accesorios	5	3	5	5	3	1	0	3	3.20
7 Cables eléctricos tendidos	0	0	0	3	3	3	5	3	2.01
8 Spools armado	5	0	3	3	3	5	5	5	3.63
9 Espacio armado de spools	5	0	0	3	3	5	5	5	3.27
10 Ubicación de spools	0	0	0	3	3	1	5	3	1.77
11 Mala rotación de spools	0	0	0	3	3	1	3	5	1.75
12 Nivelado de juntas	5	3	5	5	3	5	0	5	3.90
13 Abolladura en los tubos	5	3	5	5	3	0	0	3	3.08

14	Revisión de material de proveedores	5	0	0	5	3	1	0	3	2.21
15	Desorden del área de corte	5	0	5	5	3	5	5	5	4.11
16	Falta de accesorios	0	0	0	5	3	0	0	0	0.96
17	Conocimiento de las dimensiones del tubo	5	3	5	5	3	0	3	3	3.44
18	Irregularidad en el corte de tubos	5	0	5	5	3	5	0	5	3.51
19	Ajuste de antorcha de corte	0	0	0	3	3	5	3	3	2.01
20	Incumplimiento de las tolerancias de corte	5	3	5	5	3	1	0	5	3.42
21	Disponibilidad de la biseladora	5	0	0	5	3	1	5	5	3.03
22	Biselado de tubos menores a 6"	5	0	3	5	3	1	3	5	3.15
23	Fundición del pase raíz	5	0	5	5	3	1	0	3	2.81
24	Soldadura interrumpida por el viento	5	3	5	3	3	5	3	3	3.80
25	Inoperatividad del soporte a soldar	5	0	5	3	3	1	3	5	3.15
26	Conexiones eléctricas	0	0	0	3	3	3	5	3	2.01
27	Traslado de spools (armado - soldadura)	5	0	0	3	3	5	5	5	3.27
28	Pintado de spools	0	3	3	5	3	5	0	5	2.86
29	Espera de spools a pintar	0	3	3	5	3	5	5	5	3.46

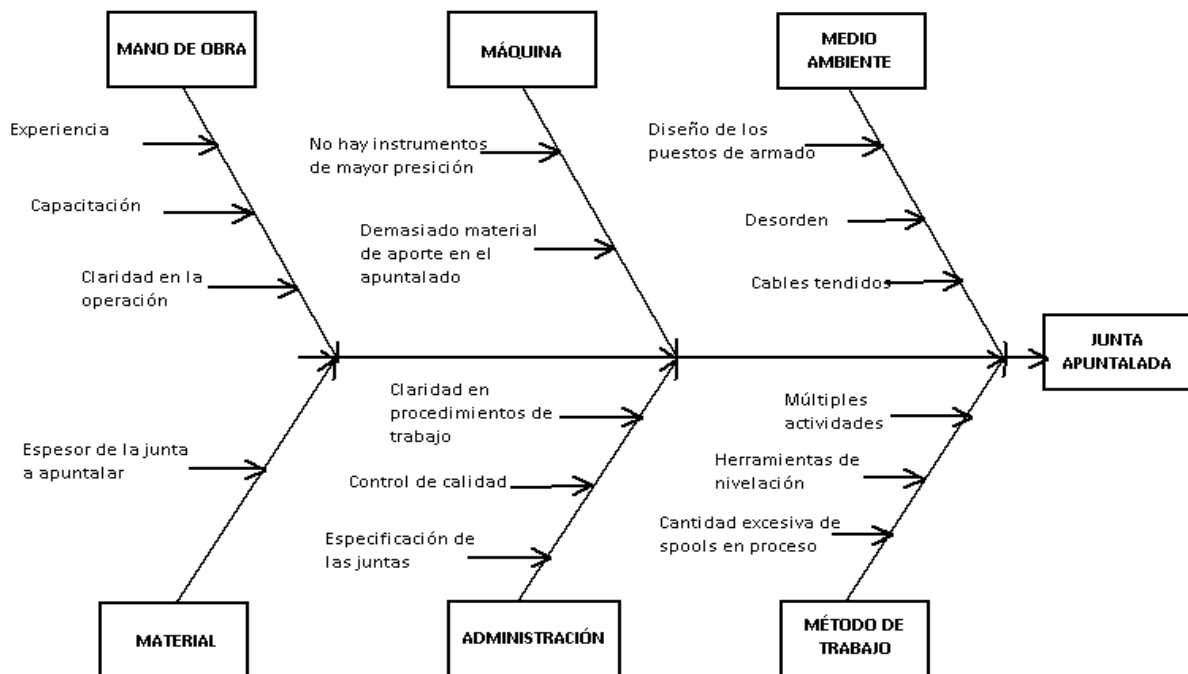
Anexo 13. Ahorros generados por defectos no prioritarios

N° Def.	DEFECTO	Tiempo (min)	Costo de Tiempo (Mano de Obra)	Costo de Materiales	Costo Logísticos	Costo Total por operación	Tiempo Total (min)	Frecuencia Anual	Costo Anual
2	Disponibilidad del puente grúa	38.5	S/. 1,022.66	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1,022.66	6930	180	S/. 184,078.13
4	Marcación de la W/O	4.5	S/. 163.28	S/. 400.00	S/. 0.00	S/. 563.28	855	190	S/. 107,023.20
5	Redondez del codo y curva	26.5	S/. 230.03	S/. 560.00	S/. 5,500.00	S/. 6,290.03	1325	50	S/. 314,501.50
6	Paralelidad de los accesorios	22	S/. 343.75	S/. 560.00	S/. 5,500.00	S/. 6,403.75	1980	90	S/. 576,337.50
7	Cables eléctricos tendidos	5	S/. 68.69	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 68.69	545	109	S/. 7,487.51
10	Ubicación de spools	15	S/. 148.75	S/. 0.00	S/. 5,500.00	S/. 5,648.75	1260	84	S/. 474,495.00
11	Mala rotación de spools	24	S/. 92.36	S/. 0.00	S/. 5,500.00	S/. 5,592.36	1344	56	S/. 313,172.22
13	Abolladura en los tubos	49	S/. 168.06	S/. 300.00	S/. 5,500.00	S/. 5,968.06	980	20	S/. 119,361.11
14	Revisión de material de proveedores	33	S/. 300.78	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 300.78	990	30	S/. 9,023.44
16	Falta de accesorios	40	S/. 287.60	S/. 800.00	S/. 5,500.00	S/. 6,587.60	480	12	S/. 79,051.25
19	Ajuste de antorcha de corte	8	S/. 32.55	S/. 0.00	S/. 5,500.00	S/. 5,532.55	1200	150	S/. 829,882.81
21	Disponibilidad de biseladora	21	S/. 105.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 105.00	672	32	S/. 3,360.00
22	Biselado de tubos menores a 6"	20	S/. 243.75	S/. 194.00	S/. 0.00	S/. 437.75	1560	78	S/. 34,144.50
23	Fundición del pase raíz	23	S/. 693.50	S/. 3,560.00	S/. 0.00	S/. 4,253.50	1311	57	S/. 242,449.50
25	Inoperatividad del soporte de soldar	19	S/. 79.08	S/. 2,960.00	S/. 0.00	S/. 3,039.08	494	26	S/. 79,016.17
26	Conexiones eléctricas	5	S/. 81.18	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 81.18	545	109	S/. 8,848.87
28	Pintado de spools	45	S/. 841.81	S/. 260.00	S/. 5,500.00	S/. 6,601.81	10440	232	S/. 1,531,618.89
						S/. 58,496.83	32911		S/. 4,913,851.59

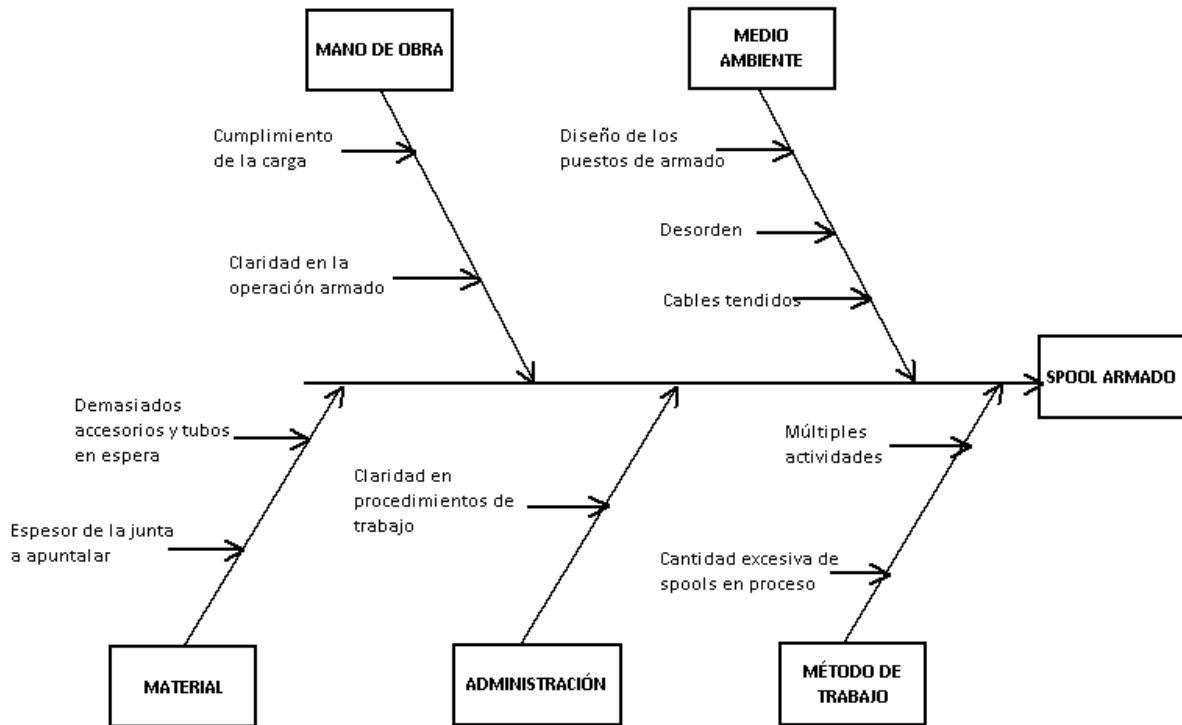
Anexo 14. Diagramas causa – efecto para defectos seleccionados como prioritarios



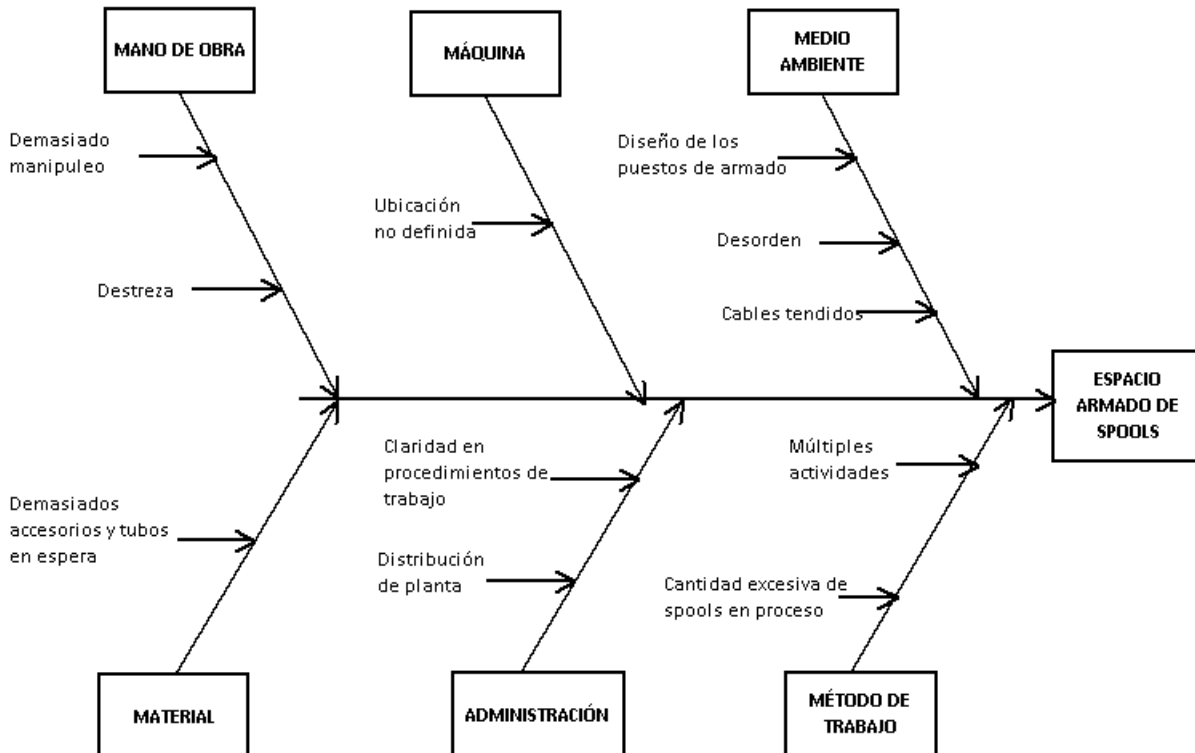
Defecto n°1: Traslado de accesorios



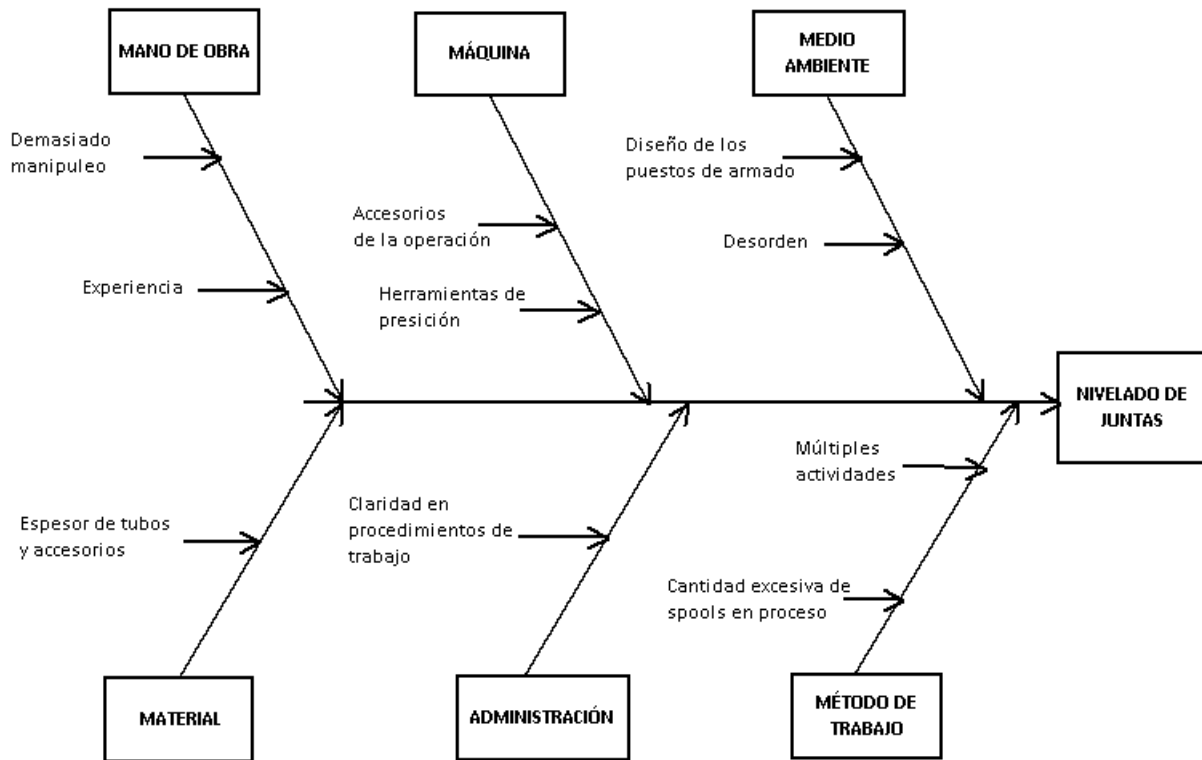
Defecto n°3: Junta apuntalada



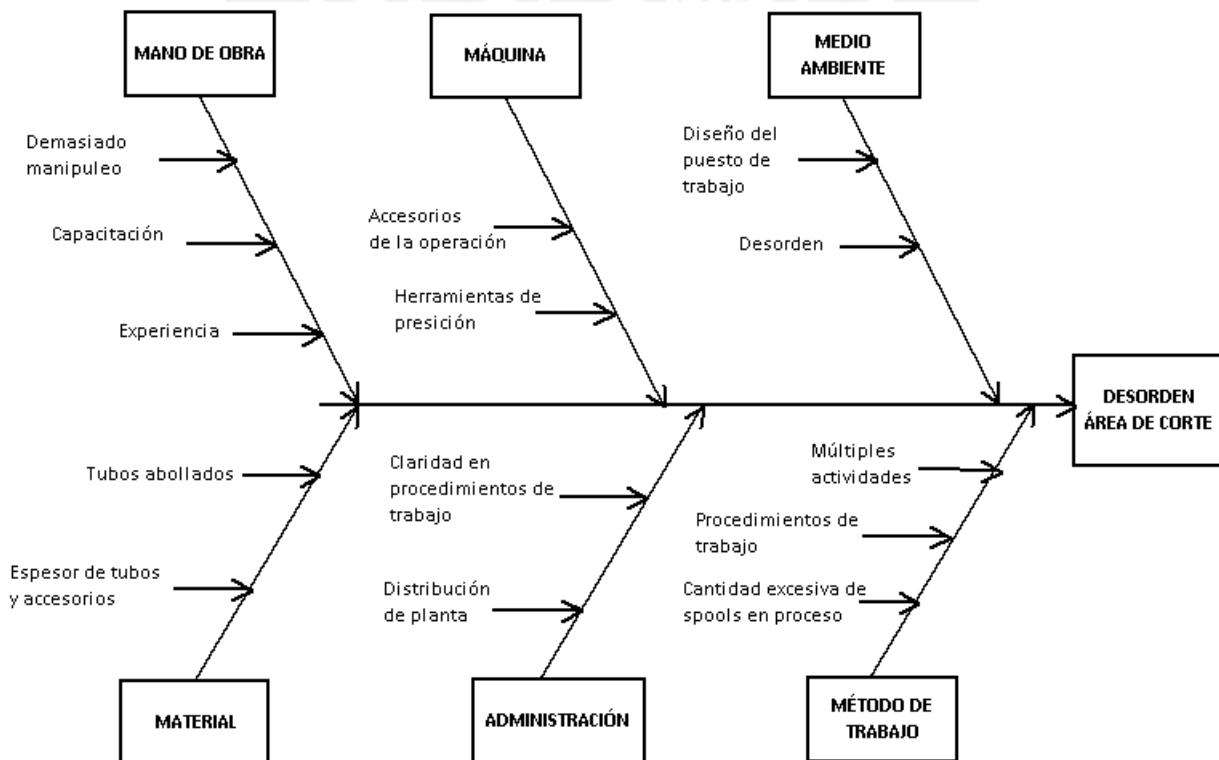
Defecto n°8: Spool armado



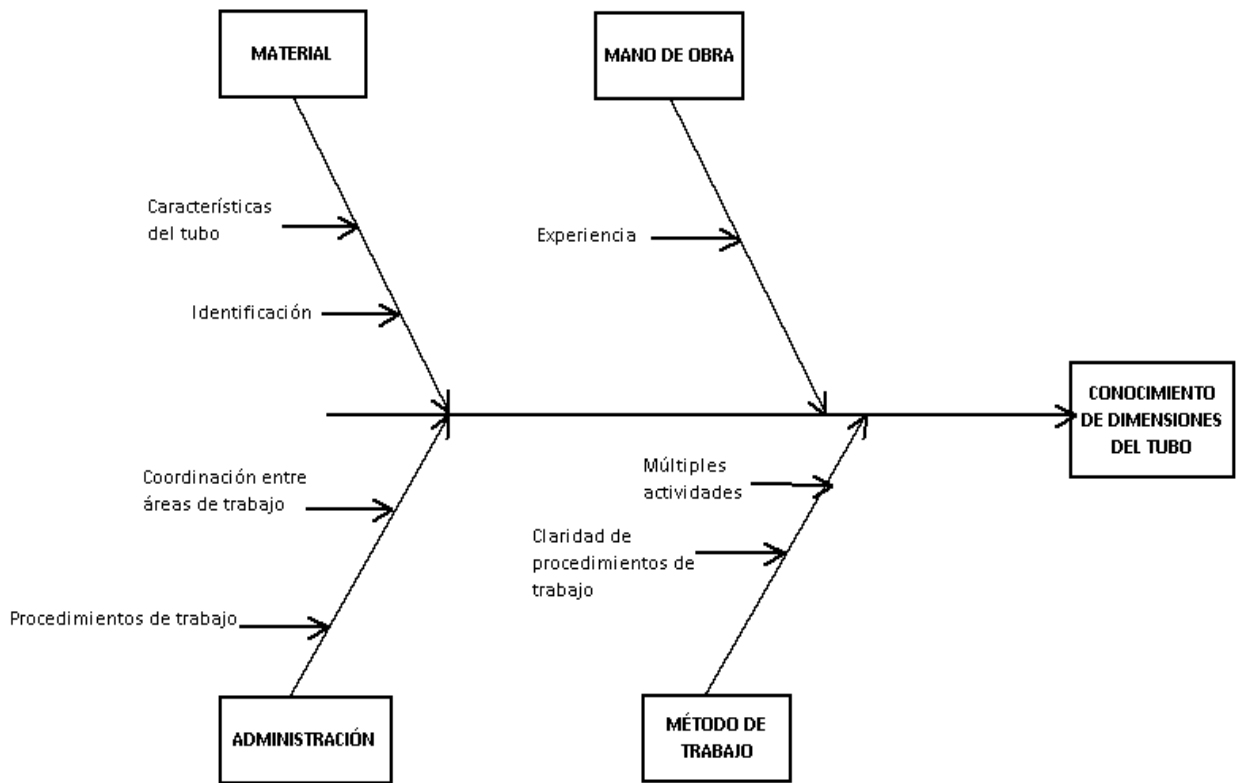
Defecto n°9: Espacio armado de spools



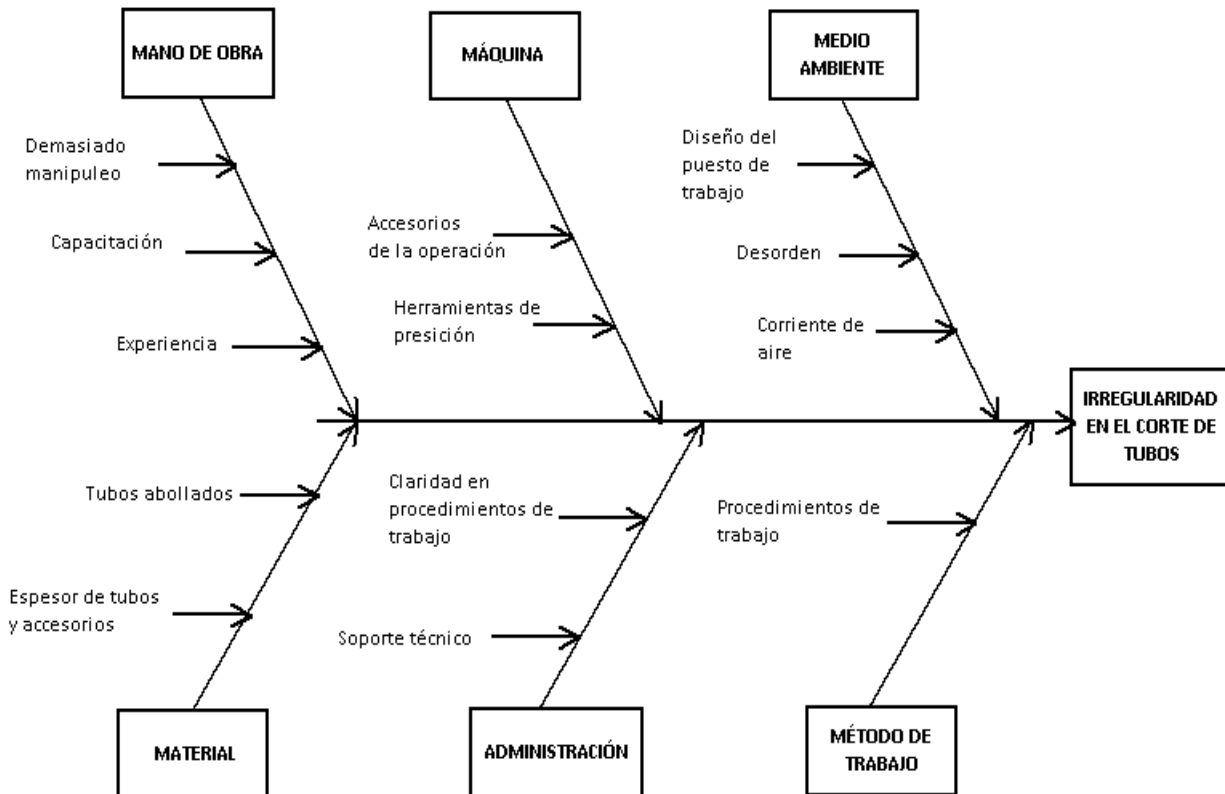
Defecto n°12: Nivelado de juntas



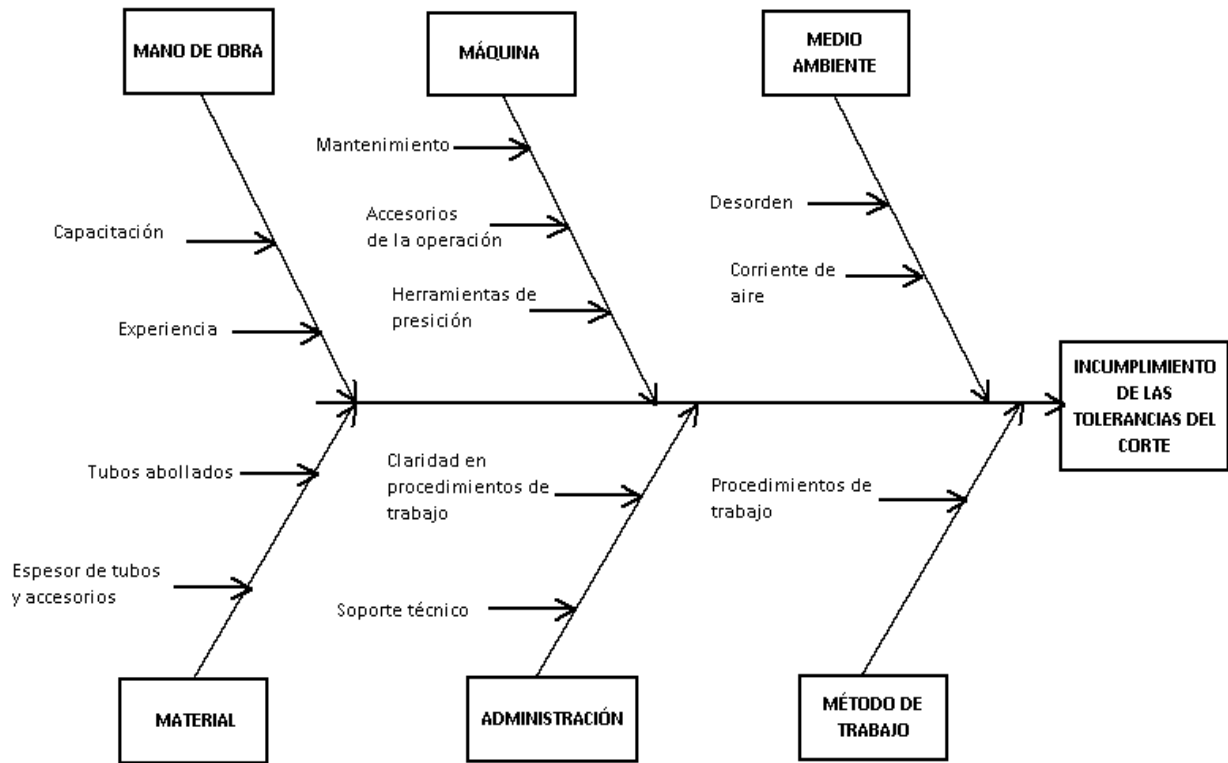
Defecto n°15: Desorden del área de corte



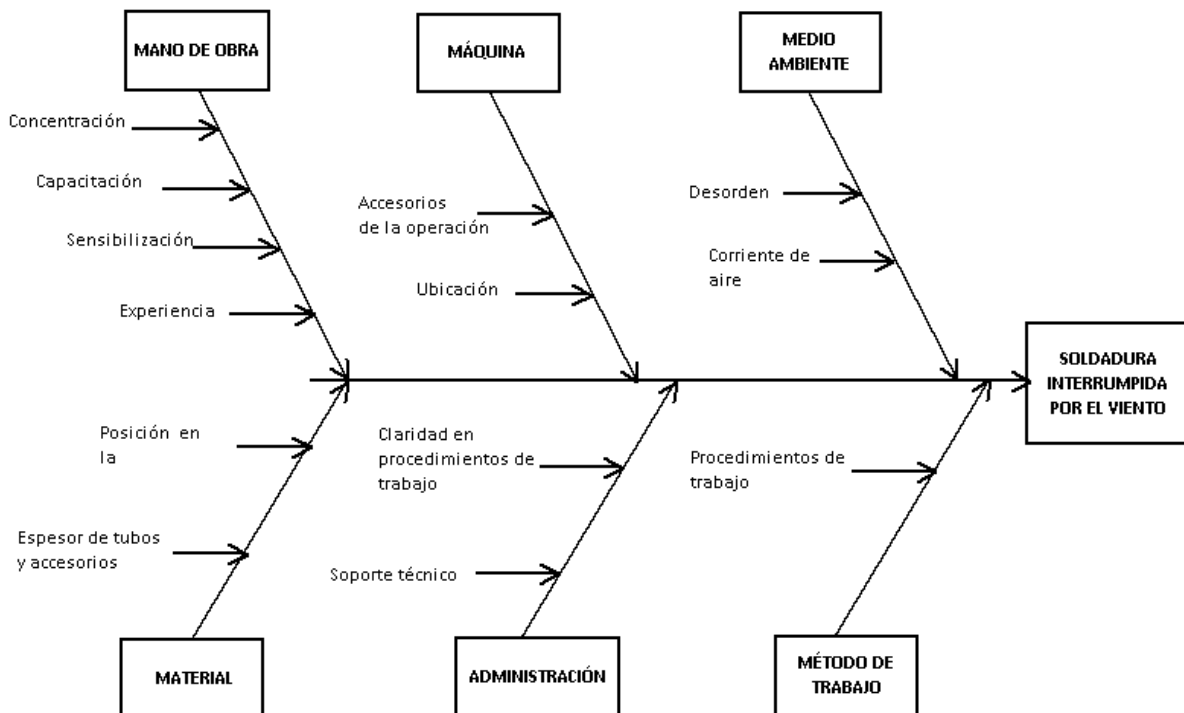
Defecto n°17: Conocimientos de dimensiones del tubo



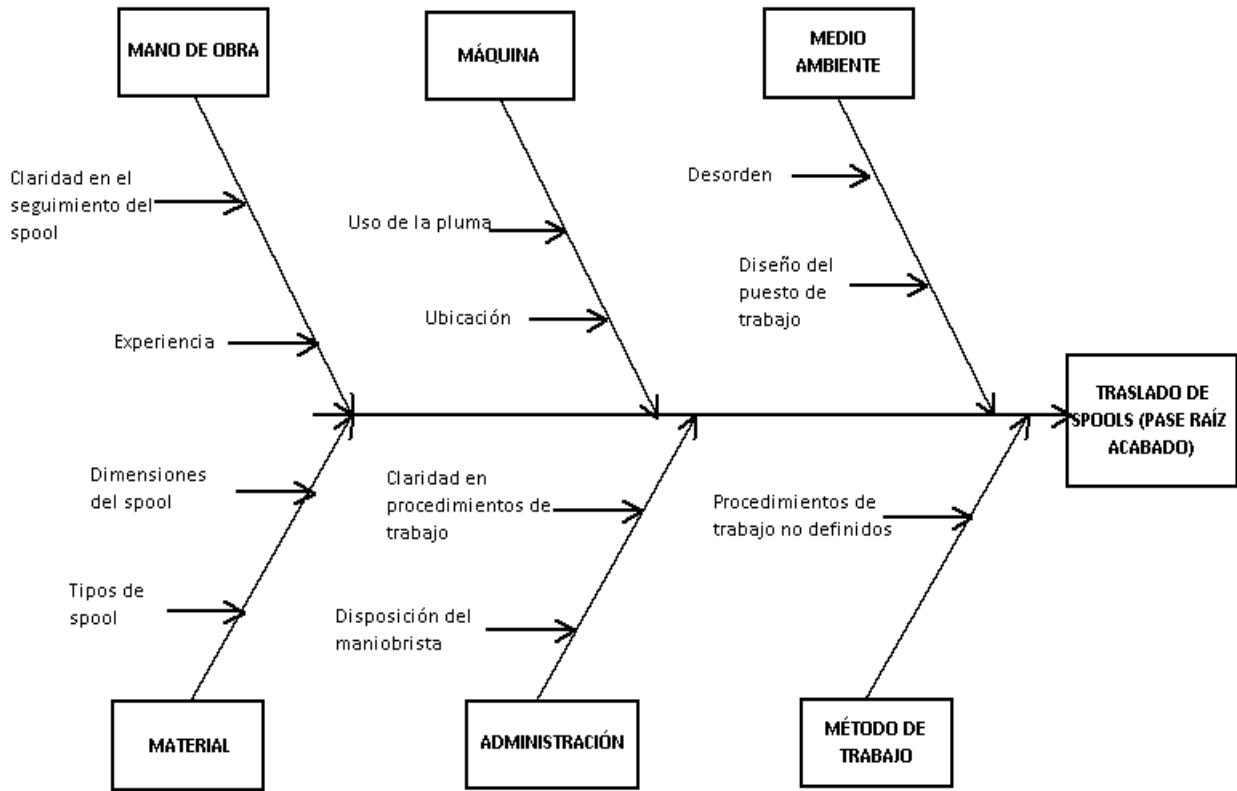
Defecto n°18: Irregularidad en el corte de tubos



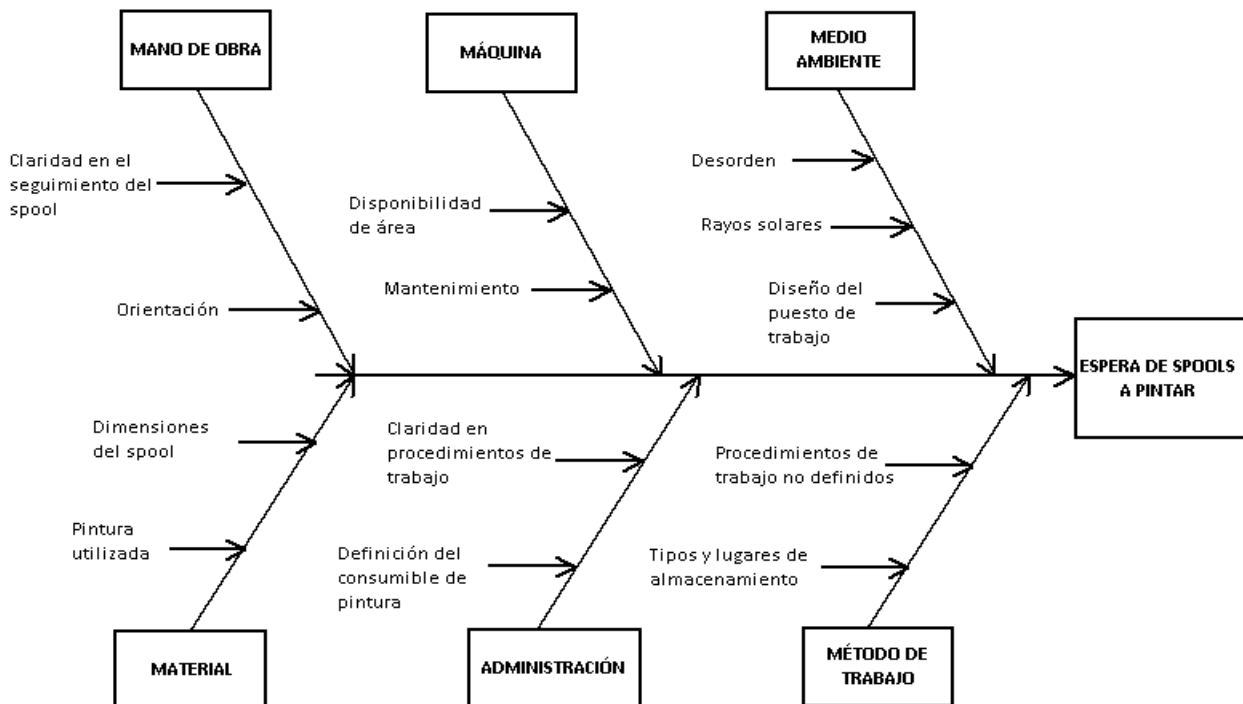
Defecto n°20: Incumplimiento de las tolerancias del corte



Defecto n°24: Soldadura interrumpida por el viento



Defecto n°27: Traslado de spools (pase de raíz – acabado)



Defecto n°29: Espera de spools a pintar

Anexo 15. Clasificación detallada de las herramientas de manufactura esbelta

N°	DEFECTOS	ASPECTOS QUE CUBRE CADA HERRAMIENTA																	
		5 S			Kanban			Justo a tiempo			Jidoka			Poka Yoke			Andon		
		Organizar, ordenar y limpiar	Estandarizar	Disciplina	Identificación de materiales o producto en proceso	Información de producción entre procesos	Control de niveles de inventario	Calidad en la fuente	Sistema de halar	Desarrollo de proveedores	Verificación de calidad integrada al proceso	Definición de parámetros óptimos de calidad	Mecanismos para detectar anomalías en el sistema	Retroalimentación rápida de errores	Verificación constante	Mecanismos para prevenir o detectar errores	Tiempo de respuesta ante dificultades	Identificación de piezas defectuosas	Estado de operación de las estaciones de trabajo
1	TRASLADO DE ACCESORIOS	5	5	5	7	10	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
2	DISPONIBILIDAD DEL PUENTE GRÚA	5	5	5	6	8	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
3	JUNTA APUNTALADA	0	0	0	0	8	0	10	0	0	10	10	10	8	10	10	5	10	10
4	MARCACIÓN DE LA W/O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	9	10	5	0	0
5	REDONDEZ DEL CODO Y CURVA	0	0	0	5	0	0	10	0	0	10	10	10	8	10	10	8	10	9
6	PARALELIDAD DE LOS ACCESORIOS	0	0	0	5	0	0	10	0	0	10	10	10	8	10	10	8	10	9
7	CABLES ELÉCTRICOS TENDIDOS	10	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	SPOOLS ARMADO	10	8	8	10	10	7	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

N°	DEFECTOS	ASPECTOS QUE CUBRE CADA HERRAMIENTA																	
		5'S			Kanban			Justo a tiempo			Jidoka			Poka Yoke			Andon		
		Organizar, ordenar y limpiar	Estandarizar	Disciplina	Identificación de materiales o producto en proceso	Información de producción entre procesos	Control de niveles de inventario	Calidad en la fuente	Sistema de halar	Desarrollo de proveedores	Verificación de calidad integrada al proceso	Definición de parámetros óptimos de calidad	Mecanismos para detectar anomalías en el sistema	Retroalimentación rápida de errores	Verificación constante	Mecanismos para prevenir o detectar errores	Tiempo de respuesta ante dificultades	Identificación de piezas defectuosas	Estado de operación de las estaciones de trabajo
9	ESPACIO ARMADO DE SPOOL	10	8	8	10	10	7	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
10	UBICACIÓN DE SPOOLS	10	4	5	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	8	0	5	0	5
11	MALA ROTACIÓN DE SPOOLS	10	5	5	10	10	10	0	10	0	0	0	0	0	0	4	0	0	5
12	NIVELADO DE JUNTAS	8	8	8	0	0	0	10	0	0	10	10	10	10	10	10	9	9	10
13	ABOLLADURA EN LOS TUBOS	0	0	0	5	0	0	10	0	0	10	10	10	8	10	10	8	10	9
14	REVISIÓN DE MATERIAL DE PROVEEDORES	0	0	0	5	0	0	10	0	10	10	10	10	8	10	10	8	10	9
15	DESORDEN ÁREA DE CORTE	10	4	4	10	10	7	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
16	FALTA DE ACCESORIOS	0	0	0	5	0	0	10	0	0	10	10	10	8	10	10	8	10	9
17	CONOCIMIENTO DE LAS DIMENSIONES DEL	0	0	0	10	10	5	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0
18	IRREGULARIDAD EN EL CORTE DE TUBOS	10	8	8	5	5	6	10	4	0	10	10	10	8	10	8	8	10	8

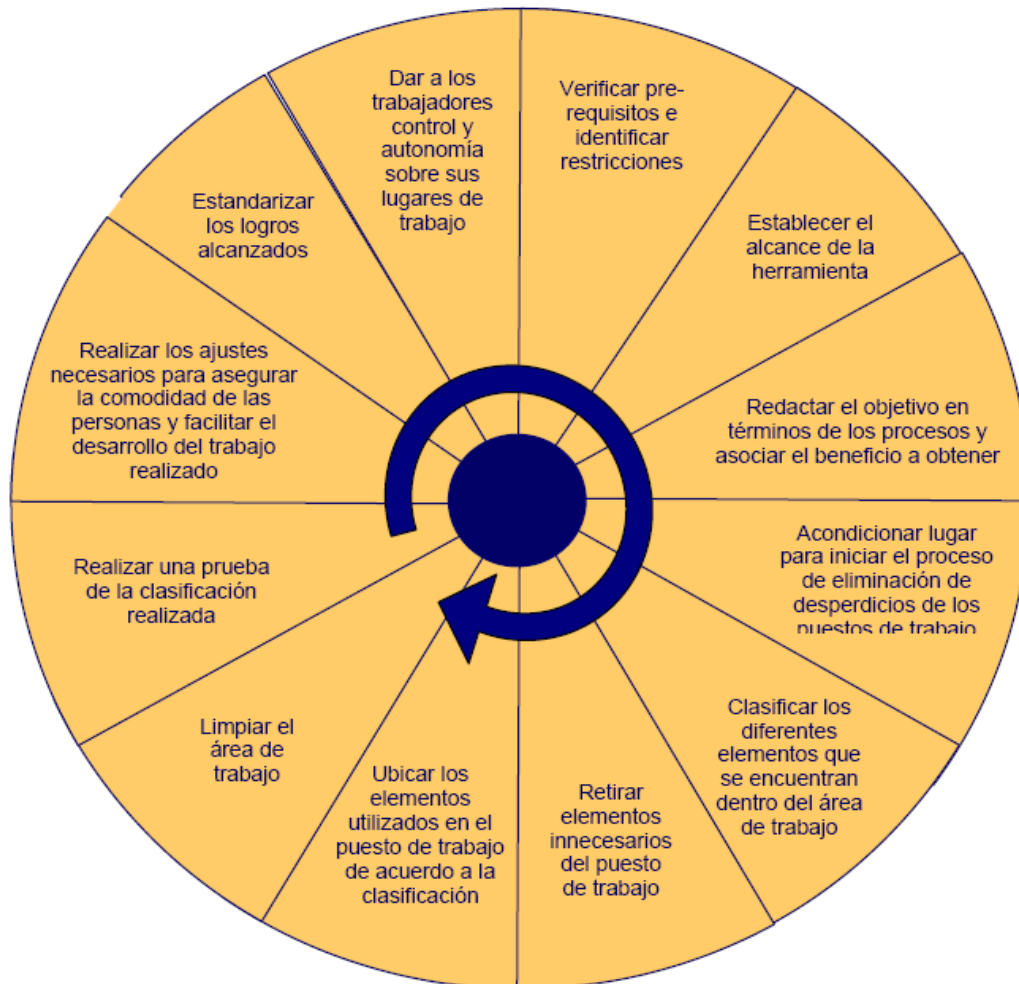
N°	DEFECTOS	ASPECTOS QUE CUBRE CADA HERRAMIENTA																	
		5'S			Kanban			Justo a tiempo			Jidoka			Poka Yoke			Andon		
		Organizar, ordenar y limpiar	Estandarizar	Disciplina	Identificación de materiales o producto en proceso	Información de producción entre procesos	Control de niveles de inventario	Calidad en la fuente	Sistema de halar	Desarrollo de proveedores	Verificación de calidad integrada al proceso	Definición de parámetros óptimos de calidad	Mecanismos para detectar anomalías en el sistema	Retroalimentación rápida de errores	Verificación constante	Mecanismos para prevenir o detectar errores	Tiempo de respuesta ante dificultades	Identificación de piezas defectuosas	Estado de operación de las estaciones de trabajo
19	AJUSTE DE ANTORCHA DE CORTE	10	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8
20	INCUMPLIMIENTO DE LAS TOLERANCIAS DEL	0	0	0	10	8	8	10	0	0	10	10	8	8	8	10	5	8	8
21	DISPONIBILIDAD DE LA BISELADORA	10	7	7	0	8	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
22	BISELADO DE TUBOS MENORES A 6"	8	8	8	0	0	0	10	10	8	10	10	8	8	10	5	8	8	
23	FUNDICIÓN DEL PASE DE RAÍZ	2	2	2	8	8	2	10	0	0	10	10	10	8	10	10	9	8	8
24	SOLDADURA INTERRUPTIDA POR EL	10	5	5	0	0	0	10	5	0	8	8	8	3	10	7	5	8	3
25	INOPERATIVIDAD DEL SOPORTE DE SOLDAR	10	8	8	10	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	CONEXIONES ELÉCTRICA	10	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	TRASLADO DE SPOOLS (RAÍZ-ACABADO)	10	7	7	0	8	10	10	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	8
28	PINTADO DE SPOOLS	10	5	9	10	8	5	0	0	0	10	9	9	0	5	0	0	0	0
29	ESPERA DE SPOOLS A PINTAR	10	5	9	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

ANEXO 16. Observaciones sobre las herramientas asignadas a la solución de cada defecto

18	IRREGULARIDAD EN EL CORTE DE TUBOS	5'S	Con esta herramienta se lograría que las áreas de trabajo se conserven limpias y ordenadas, lo que evitaría el deterioro de los tubos y algunos materiales que posteriormente afectan los cortes.
		JIDOKA	El uso de esta herramienta permitiría la detección y corrección de los cortes de tubo, mediante el uso de mecanismos y procedimientos que eviten cortes mal hechos y aseguren que este parámetro sea controlado por el proceso mismo.
		POKA YOKE	Como apoyo y complemento al uso de la herramienta anterior
		ANDON	Esta herramienta permitiría conocer el estado de producción del área de corte, utilizando señales visuales que puedan ubicarse en cualquier parte del proceso y que eviten que los tubos mal cortados lleguen hasta el final del proceso.
20	INCUMPLIMIENTO DE LAS TOLERANCIAS DEL CORTE	KANBAN	Utilizar esta herramienta permitiría controlar de forma integrada la producción, lo que facilitaría el manejo de flujo de spools en proceso en el área de armado.
		JIDOKA	Con esta herramienta se facilitaría la detección y corrección del tubo mal cortado, respecto al acabado del corte, linealidad y biselado que produce permitiendo tomar las medidas necesarias para controlar la calidad de los tubos cortados desde el proceso mismo-
		POKA YOKE	Esta herramienta facilitaría crear herramientas con los estándares ángulo de corte biselado y linealidad, que adviertan cuando existan errores en este paso.
24	SOLDADURA INTERRUMPIDA POR EL VIENTO	JIDOKA	Con esta herramienta se facilitaría la detección y corrección en el soldado de juntas, permitiendo tomar las medidas necesarias que no afecten la soldadura.
27	TRASLADO DE SPOOLS (RAÍZ-ACABADO)	5'S	Utilizar esta herramienta facilitaría que las áreas de trabajo se conserven limpias y ordenadas, lo que evitaría el deterioro de los accesorios y tubos. La remoción de materiales innecesarios en las áreas de trabajo disminuiría el riesgo de alteración en el armado de spools.
		JUSTO A TIEMPO	Esta herramienta permitiría a través de una sistema de halar que cada operación como pase de raíz va halando el spool necesario de la operación anterior. Se realiza el pase de raíz a medida que lo necesite, lo cual haría que no se produzcan spools que no han sido pedidos por el puesto de trabajo y que están aumentando el inventario de spool en proceso corriendo el riesgo de deterioro.
29	ESPERA DE SPOOLS A PINTAR	5'S	Utilizar esta herramienta haría que las áreas de trabajo se conserven limpias y ordenadas, lo que evitaría el deterioro de los spools, pintura y demás materiales. La remoción de materiales innecesarios en las áreas de trabajo disminuiría el tiempo de manipuleo y espera

Anexo 17. Etapas generales para la aplicación de las herramientas³

Pasos a seguir para la aplicación de las 5's

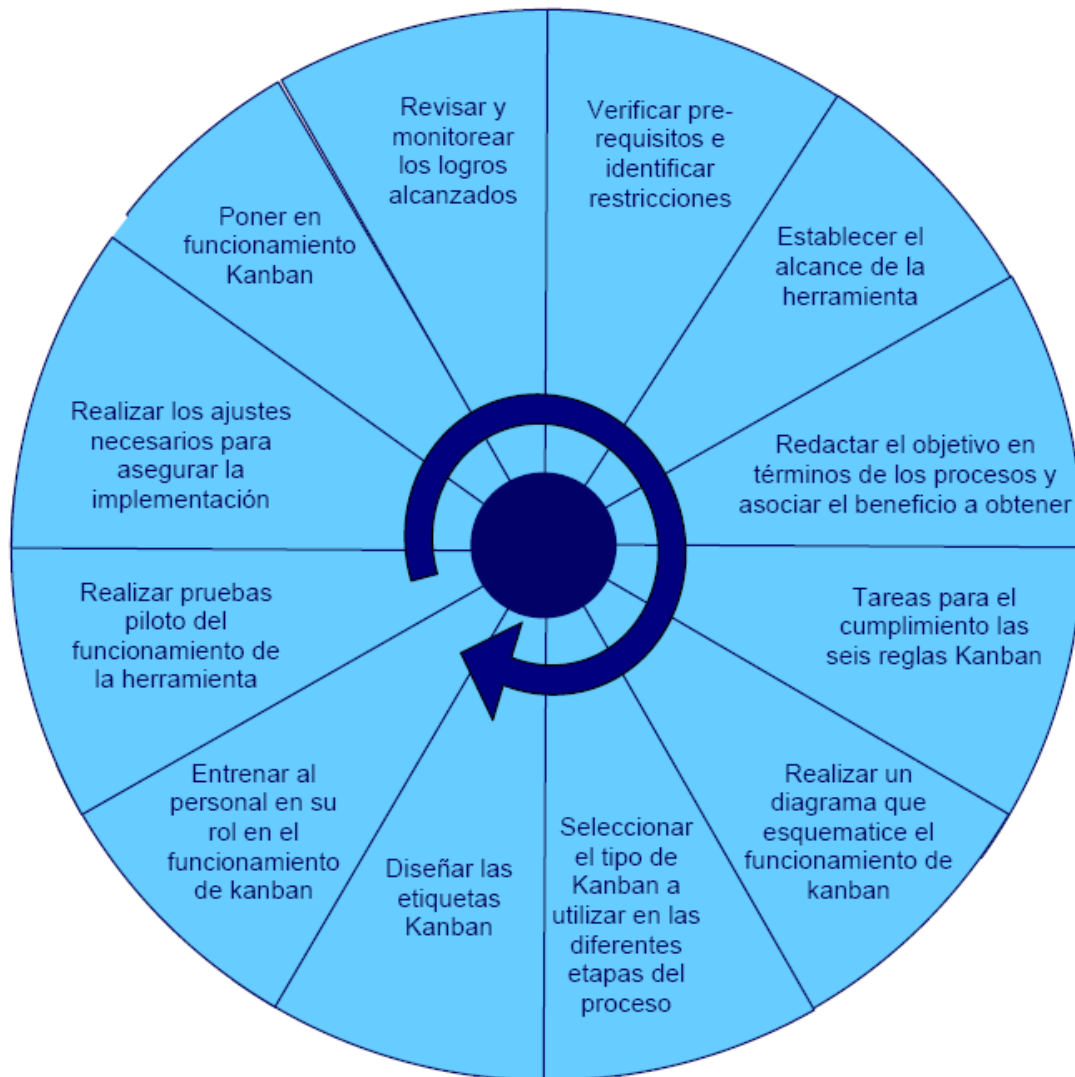


- I. Capacitar a todas las personas involucradas en los principios básicos de 5S, sus características y beneficios fundamentales.
- II. Verificar pre-requisitos e identificar restricciones del proceso de producción para la aplicación de 5S en los diferentes puestos de trabajo y áreas de la planta de producción.
- III. Establecer el alcance de la herramienta

³ Los gráficos mostrados fueron tomados de referencia del trabajo de tesis de manufactura esbelta consultado, se muestran de forma circular porque se intenta explicar que estos pasos siguen un patrón de mejoramiento continuo, con lo cual el trabajo de estos pasos se prolongaría continuamente.

- IV. Redactar el objetivo de 5S en términos de los procesos de fabricación de spools y asociar cada proceso con el beneficio principal que se desea obtener por medio de la aplicación de la herramienta.
- V. Acondicionar un lugar para iniciar el proceso de eliminación de desperdicios y organización de los puestos de trabajo
- VI. Clasificar los diferentes elementos que se encuentran dentro del área de trabajo
- VII. Retirar elementos innecesarios del puesto de trabajo
- VIII. Ubicar los elementos utilizados dentro del puesto de trabajo de acuerdo con la forma en la que fueron clasificados.
- IX. Limpiar el área de trabajo
- X. Realizar una prueba de la clasificación realizada.
- XI. Realizar los ajustes necesarios para asegurar la comodidad de las personas y facilitar el desarrollo del trabajo realizado.
- XII. Estandarizar los logros alcanzados con la realización de los pasos anteriores.
- XIII. Dar a los trabajadores control y autonomía sobre sus lugares de trabajo

Pasos a seguir para la aplicación de kanban

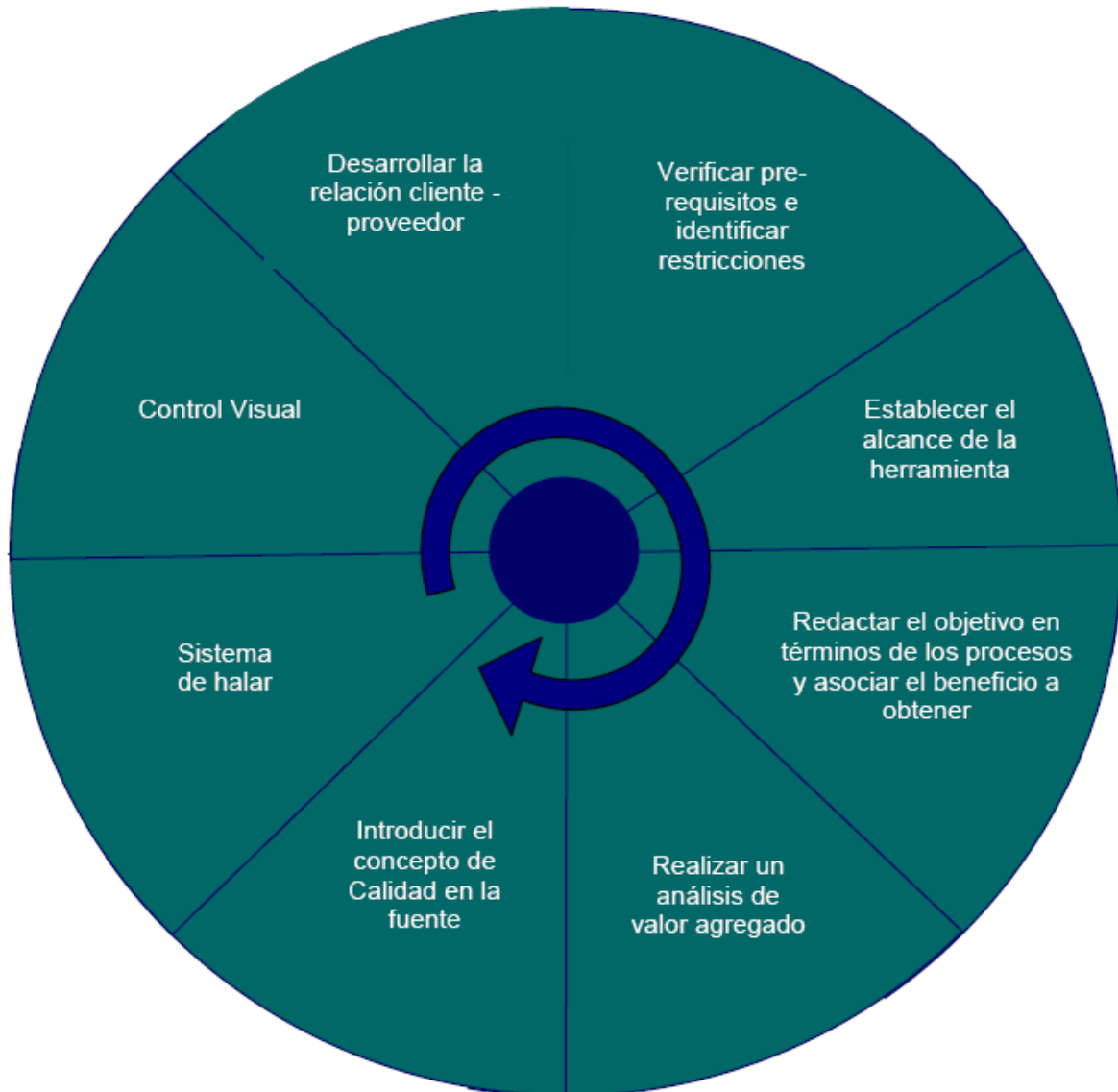


- I. Capacitar al personal involucrado en los principios, características y beneficios fundamentales de la herramienta kanban.
- II. Verificar prerequisites e identificar restricciones.
- III. Establecer el alcance de la herramienta.
- IV. Redactar el objetivo de la herramienta en términos de los procesos para la fabricación de spools.
- V. Tareas para el cumplimiento las seis reglas kanban.
- VI. Realizar un diagrama que esquematice el funcionamiento de la herramienta kanban
- VII. Seleccionar el tipo de Kanban a utilizar en las diferentes etapas del proceso.

- VIII. Diseñar las etiquetas Kanban.
- IX. Entrenar al personal en lo referente a su rol en el funcionamiento de la herramienta kanban.
- X. Realizar pruebas piloto del funcionamiento de la herramienta:
- XI. Realizar los ajustes necesarios para asegurar la implementación
- XII. Poner en funcionamiento Kanban
- XIII. Revisar y monitorear los logros alcanzados



Pasos a seguir para la aplicación de just in time



- I. Educar al todo personal involucrado en los principios y características primordiales de Justo a tiempo.
- II. Verificar prerequisites e identificar restricciones
- III. Establecer el alcance de la herramienta.

- IV. Redactar el objetivo de la herramienta en términos de los procesos la empresa y asociar cada proceso con el beneficio principal que se desea conseguir en dicho punto del proceso.
- V. Realizar un análisis de valor agregado.
- VI. Introducir el concepto de Calidad en la fuente (Ver Jidoka, Poka Yoke).
- VII. Sistema de halar (Ver Kanban).
- VIII. Control Visual (5S, Andon).
- IX. Desarrollar la relación cliente - proveedor.
- X. Se debe empezar a construir una relación mutuamente benéfica con los proveedores, para lo cual se deben madurar los siguientes pasos básicos:
 - Identificar los proveedores que impactan directamente la calidad del producto:
 - Sensibilizar a los proveedores:
 - Construir criterios objetivos para la selección de proveedores
 - Documentar un procedimiento para el manejo de proveedores.
 - Realizar seguimiento y evaluar los proveedores actuales.
 - Retroalimentar a los proveedores

Pasos a seguir para la aplicación de jidoka



- I. Capacitar a todas las personas involucradas en los principios básicos de Jidoka, sus características y beneficios fundamentales.
- II. Verificar pre-requisitos e identificar restricciones del proceso de producción para la aplicación de Jidoka en los diferentes puestos de trabajo y áreas de la planta de producción.
- III. Establecer el alcance de la herramienta

- IV. Redactar el objetivo de Jidoka en términos de los procesos de la empresa metalmeccánica y asociar cada proceso con el beneficio principal que se desea obtener por medio de la aplicación de la herramienta.
- V. Definir con claridad las especificaciones que debe cumplir cada uno de los productos elaborados por la empresa.
- VI. Asegurar que cada miembro del equipo tenga claras las especificaciones definidas y las conozca, independientemente del lugar que ocupe en el proceso de producción.
- VII. Definición de especificaciones relacionadas con cada área y las respectivas estaciones de trabajo que la conforman.
- VIII. Definición de estándares del proceso de producción. Se deben establecer normas bajo las cuales debe mantenerse la línea cuando se encuentra funcionando normalmente; es decir que la definición de estándares permite determinar unas pautas que se cumplen en el momento en el que la línea funciona sin anomalías.
- IX. Desarrollar un sistema, una serie de mecanismos o un procedimiento claro que facilite la detección y prevención de anomalías en la línea de producción.

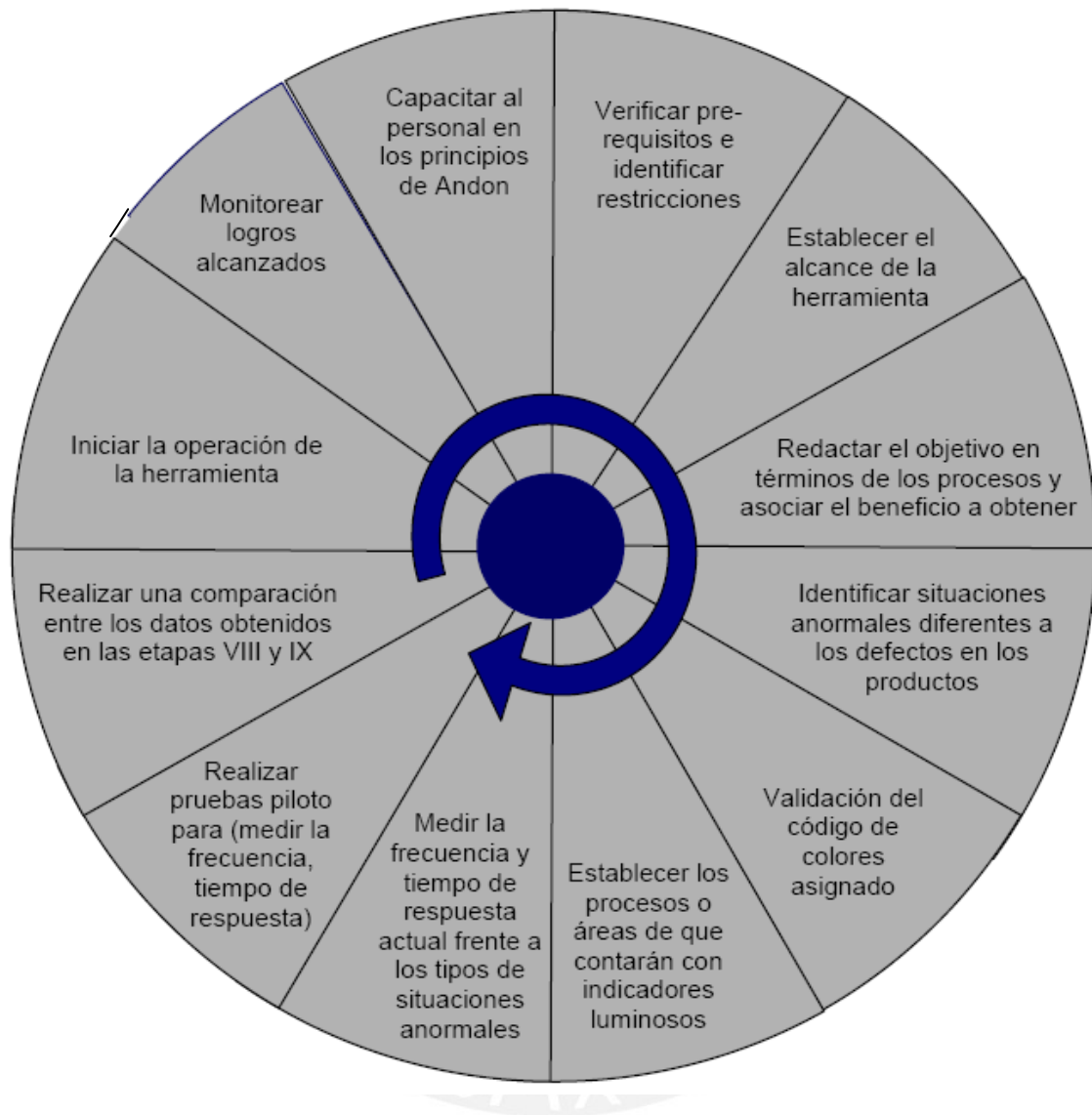
Pasos a seguir para la aplicación de poka yoke



- I. Capacitar a todas las personas involucradas en los principios básicos de Poka yoke, sus características y beneficios fundamentales.
- II. Verificar pre-requisitos e identificar restricciones del proceso de producción para la aplicación de Poka Yoke en los diferentes puestos de trabajo y áreas de la planta de producción.
- III. Establecer el alcance de la herramienta.

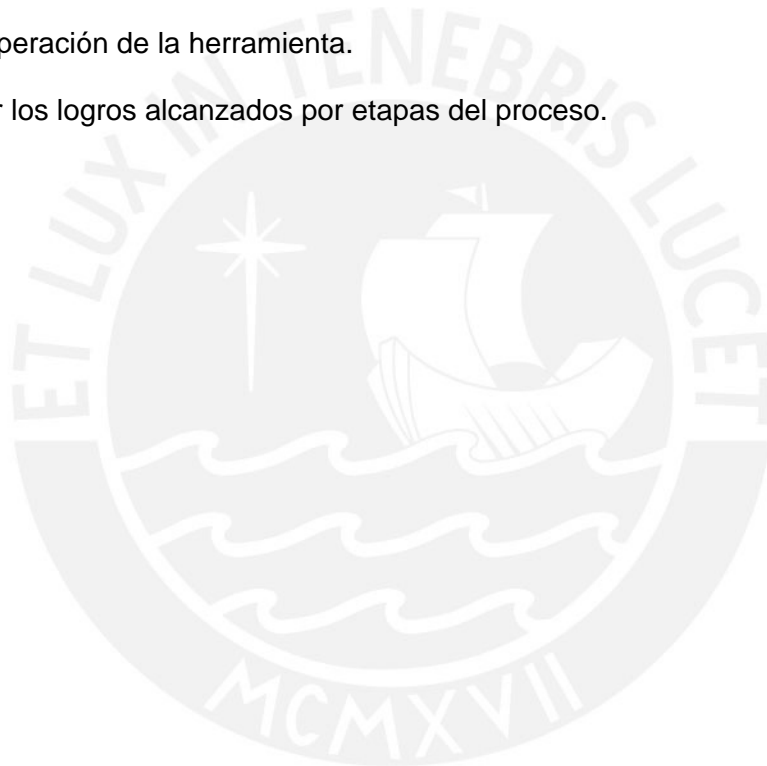
- IV. Redactar el objetivo de Poka Yoke en términos de los procesos de la empresa metalmecánica y asociar cada proceso con el beneficio principal que se desea obtener por medio de la aplicación de la herramienta.
- V. Verificar avances realizados en la aplicación de Jidoka.
- VI. Definir con claridad los errores y defectos que pueden ser generados en los diferentes puntos de la línea de producción.
- VII. Generar con el equipo de trabajo propuestas sobre los posibles mecanismos o ajustes a realizar para la prevención y eliminación de cada uno de los errores detectados.
- VIII. Estudiar las propuestas generadas por los equipos para seleccionar las que más se ajusten a las condiciones y requerimientos de la empresa.
- IX. Desarrollar (llevar a cabo) las propuestas generadas, en la medida de lo posible realizar pruebas piloto de los resultados obtenidos con las propuestas realizadas.
- X. Realizar los ajustes necesarios a los mecanismos desarrollados.
- XI. Verificar de forma constante el funcionamiento y los resultados obtenidos mediante el uso de los mecanismos desarrollados.

Pasos a seguir para la aplicación de andon



- I. Capacitar al personal involucrado en los principios, características y beneficios fundamentales de la herramienta Andon.
- II. Verificar prerequisites e identificar restricciones.
- III. Establecer el alcance de la herramienta.
- IV. Redactar el objetivo de la herramienta en términos de los procesos de L empresa metalmecánica y asociar cada proceso con el beneficio principal que se desea conseguir en dicho punto del proceso.
- V. Identificar situaciones anormales diferentes a los defectos en los productos.

- VI. Validación del código de colores asignado para las situaciones de las estaciones de trabajo.
- VII. Establecer los procesos o áreas de trabajo que contarán con indicadores luminosos para indicar las condiciones de trabajo.
- VIII. Medir la frecuencia y el tiempo de respuesta actual frente a los tipos de situaciones anormales.
- IX. Realizar pruebas piloto donde se mida la frecuencia y tiempo de respuesta ante los tipos de situaciones anormales.
- X. Realizar una comparación entre los datos obtenidos en las etapas VIII y IX, concluyendo sobre la instalación de los indicadores visuales.
- XI. Iniciar la operación de la herramienta.
- XII. Monitorear los logros alcanzados por etapas del proceso.



Anexo 18. Las seis reglas de kanban⁴

Regla 1: no se debe mandar producto defectuoso a los procesos subsecuentes

La producción de productos defectuosos implica costos tales como la inversión en materiales, equipo y mano de obra que no va a poder ser vendida. Este es el mayor desperdicio de todos.

Regla 2: Los procesos subsecuentes requerirán solo lo que es necesario.

El proceso subsecuente pedirá el material que necesita al proceso anterior, en la cantidad necesaria y en el momento adecuado. Se crea una pérdida si el proceso anterior sufre de partes y materiales al proceso subsecuente en el momento que este no los necesita o en una cantidad mayor a la que este necesita. La pérdida puede ser variada, incluyendo pérdida por exceso de tiempo extra y pérdida en el exceso de inventario.

Para eliminar este tipo de errores se usa esta segunda regla. Si suponemos que el proceso anterior no va a suplir con productos defectuosos al proceso subsecuente, y que este proceso va a tener la capacidad para encontrar sus propios errores, entonces no hay necesidad de obtener esta información de otras fuentes, el proceso puede suplir buenos materiales. Sin embargo el proceso no tendrá la capacidad para determinar la cantidad necesaria y el momento adecuado en el que los procesos subsecuentes necesitarán de material, entonces esta información tendrá que ser obtenida de otra fuente.

Regla 3: Producir solamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsecuente.

Esta regla fue hecha con la condición de que el mismo proceso debe restringir su inventario al mínimo.

Regla 4: Balancear la producción.

De manera en que se pueda producir solamente la cantidad requerida por los procesos subsecuentes, se hace necesario para todos los procesos mantener al equipo y a los trabajadores de tal manera que puedan producir materiales en el momento necesario y en la cantidad necesaria. En este caso si el proceso subsecuente pide material de una manera incontinua con respecto al tiempo y a la cantidad, el proceso anterior requerirá personal y máquinas en exceso para satisfacer esa necesidad. En este punto es el que hace énfasis la cuarta regla, la producción debe estar balanceada o suavizada.

Regla 5: Kanban es un medio para evitar especulaciones

⁴ Fuente: www.uch.edu.ar y referencias tomadas de la tesis consultada sobre manufactura esbelta aplicada a la producción de colchones.

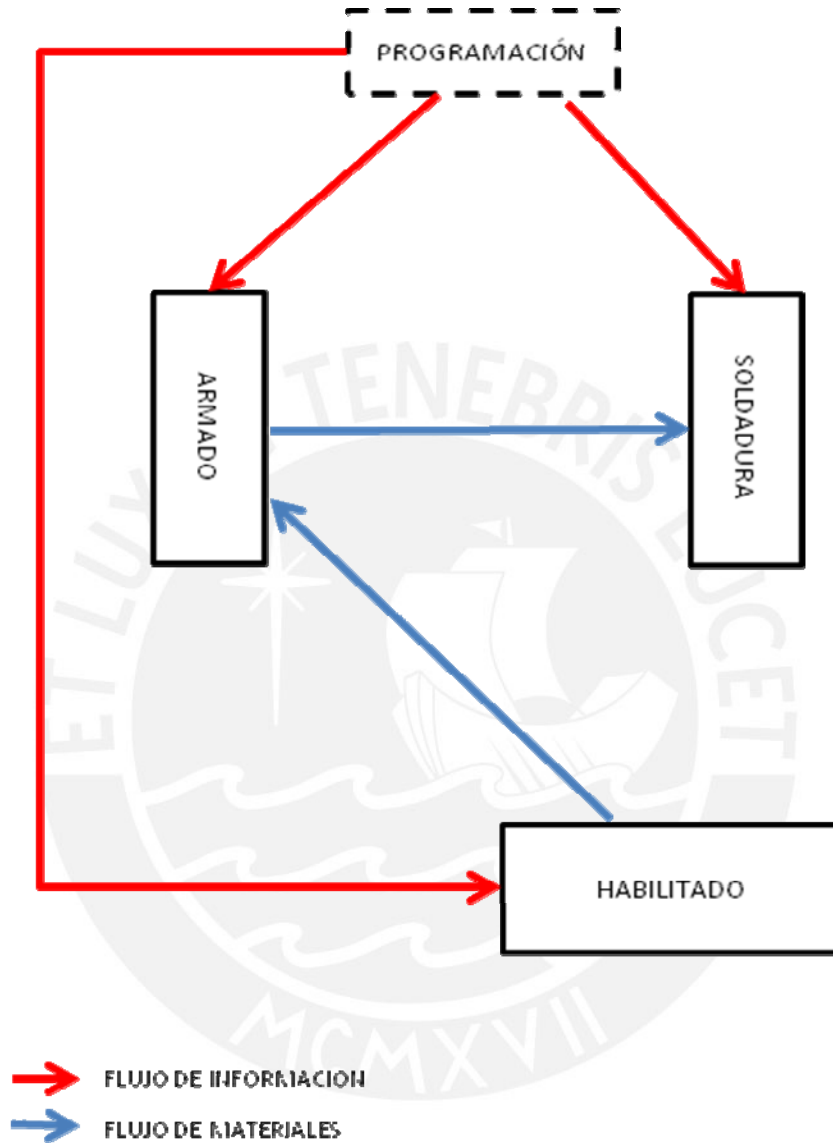
De manera que para los trabajadores, kanban, se convierte en su fuente de información para producción, ya que ellos dependerán de kanban para llevar a cabo su trabajo.

Regla 6: Estabilizar y racionalizar el proceso

El trabajo defectuoso existe si el trabajo no está estandarizado y racionalizado, si esto no es tomado en cuenta seguirán existiendo partes defectuosas.



Anexo 19. Situación actual de los flujos de información y material



Anexo 20. Listado de tipos de kanban entre los procesos

PROCESO 1	PROCESO 2	TIPO DE KANBAN
Supermercado 1	Habilitado	P kanban
Armado	Supermercado 1	T kanban
Supermercado 2	Armado	P kanban
Soldadura	Supermercado 2	T kanban
Supermercado 3	Soldadura	P kanban
Programación de producción	Cerrado	P kanban



Anexo 21. Lista de chequeo⁵ para actividades que no agregan valor

1. Propósito de la operación				
Pregunta	Si	No	No aplica	Alternativas
1. ¿Es realmente necesaria esta actividad?				
2. ¿Podría unirse con otra operación o actividad?				
3. ¿Podría realizarse de una manera más rápida?				
4. ¿Se puede conseguir el mismo objetivo de la actividad de una manera diferente?				
5. ¿Es posible reducir el número de veces que se realiza esta actividad?				
6. ¿Se realiza frecuentemente esta actividad?				
7. ¿Hay algo en la actividad que no le guste o le es indiferente al cliente?				
2. Secuencia y Procesos de Manufactura				
Pregunta	Si	No	No aplica	Alternativas
1. ¿Es necesario que esta actividad se realice en este punto del proceso?				
2. ¿Se puede realizar esta actividad en un lugar diferente en la secuencia del proceso?				
3. ¿La actividad se realiza de manera manual?				
4. ¿Se podría diseñar una equipo mecánico para facilitar la actividad?				
3. Manejo de Materiales				
Pregunta	Si	No	No aplica	Alternativas
1. ¿Sería conveniente cambiar el tipo de recipiente donde llegan las materias primas y/o insumos?				
2. ¿Los materiales se transportan de manera manual?				
3. ¿Se podría transportar las materias primas y/o insumos hasta esta operación de otra manera?				
4. ¿El transporte genera algún riesgo de avería del producto durante la operación?				
5. ¿Es frecuente que el producto sufra daños en los transportes o en el manejo?				

⁵ Tomado de: NIEBEL, Benjamín. Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo. Décima edición, 2001.

Anexo 22. Matriz sugerida⁶ para evaluación de propuestas de mecanismos poka yoke

	Criterios de evaluación			Puntuación total
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	
Propuestas	Peso porcentual 1	Peso porcentual 2	Peso porcentual 3	100%
Solución 1				
Solución 2				
Solución 3				

El peso porcentual que se asigna a cada criterio se establece de acuerdo con la importancia que dicho criterio tiene para la empresa y para el objetivo que se pretende alcanzar. Para diligenciar el esquema se asigna una calificación de 0 a 5 a cada solución en cada uno de los criterios, estos se ponderan de acuerdo al peso de cada factor y se establece la puntuación total correspondiente.

A partir de lo anterior se selecciona la solución que haya tenido la mayor puntuación en la evaluación realizada de acuerdo con los criterios establecidos para cumplir con los objetivos estratégicos y metas de la empresa.

⁶ Tomado como referencia de la tesis sobre manufactura esbelta consultada.

Anexo 23. Impacto de las herramientas de manufactura esbelta en los defectos detectados.

Herramienta	DEFECTO								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Traslado de accesorios	Disponibilidad del puente grúa	Junta apuntalada	Marcación de la W/O	Redondez del codo y curva	Paralelidad de los accesorios	Cables eléctricos tendidos	Spool armado	Espacio armado de spools
5'S	Yellow	Yellow	White	Yellow	White	White	Red	Red	Red
Kanban	Red	Red	Yellow	White	Yellow	Yellow	White	Red	Red
Jidoka	Yellow	White	Red	White	Red	Red	White	White	White
Justo a Tiempo	Yellow	Yellow	Yellow	White	White	White	White	Yellow	Yellow
Andon	White	White	Red	White	Red	Red	White	Yellow	Yellow
Poka Yoke	White	White	Red	Red	Red	Red	White	Yellow	Yellow

Herramienta	DEFECTO								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Ubicación de spools	Mala rotación de spools	Nivelado de juntas	Abolladura en los tubos	Revisión de material de proveedores	Desorden área de corte	Falta de accesorios	Conocimiento dimensiones del tubo	Irregularidad en el corte de tubos
5'S	Yellow	Yellow	Red	Yellow	White	Yellow	White	White	Red
Kanban	Red	Red	Yellow	White	Yellow	Red	Yellow	Red	White
Jidoka	White	White	Red	Red	Red	Yellow	Red	White	Red
Justo a Tiempo	White	Yellow	Yellow	White	White	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Andon	Yellow	White	Red	Red	Red	Yellow	Red	Yellow	Red
Poka Yoke	Yellow	White	Red	Red	Red	Yellow	Red	Yellow	Red

Herramienta	DEFECTO								
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Ajuste de antorcha de corte	Incumplimiento de las tolerancias del tubo cortado	Disponibilidad de la biseladora	Biselado de tubos menores a 6"	Fundición del pase de raíz	Soldadura interrumpida por viento	Inoperatividad del soporte a soldar	Conexiones eléctricas	Traslado de spools (raíz-acabado)
5'S	Red	White	Red	Red	White	Yellow	Red	Red	Red
Kanban	White	Red	Yellow	Yellow	White	White	White	White	Yellow
Jidoka	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	White	White	Yellow
Justo a Tiempo	White	White	Yellow	Red	White	White	White	White	Red
Andon	Yellow	Yellow	White	Yellow	Red	White	White	White	Yellow
Poka Yoke	Yellow	Red	White	Red	Red	White	White	White	Yellow

Herramienta	DEFECTO	
	28	29
	Pintado de spools	Espera de spools a pintar
5'S	Red	Red
Kanban	Yellow	Yellow
Jidoka	Red	White
Justo a Tiempo	Yellow	Yellow
Andon	White	White
Poka Yoke	White	White

Anexo 24. Costos y tiempos adicionales debidos a defectos prioritarios a reducir con 5s y kanban

Defecto	Tiempo (min)	Costo de Tiempo (Mano de Obra)	Costo de materiales	Costos logísticos	Costo Total por Operación	Tiempo total (min)	Frecuencia anual	Costo Anual
Traslado de accesorios	25	S/. 203.65	S/. 0.00	S/. 50.00	S/. 203.65	5750	230	S/. 46,838.54
Spools armado	45	S/. 550.00	S/. 820.00	S/. 0.00	S/. 2,512.50	10935	243	S/. 610,537.50
Espacio armado spool	25	S/. 546.88	S/. 0.00	S/. 250.00	S/. 546.88	5250	210	S/. 114,843.75
Nivelado de juntas	68	S/. 947.92	S/. 600.00	S/. 5,500.00	S/. 7,047.92	10608	156	S/. 1,099,475.00
Desorden área de corte	32	S/. 300.00	S/. 630.00	S/. 0.00	S/. 930.00	7872	246	S/. 228,780.00
Conocimiento de las dimensiones del tubo	45	S/. 91.67	S/. 1,000.00	S/. 5,500.00	S/. 6,591.67	180	4	S/. 26,366.67
Irregularidad en el corte de tubos	5	S/. 935.16	S/. 1,840.00	S/. 0.00	S/. 2,775.16	945	189	S/. 524,504.53
Incumplimiento de las tolerancias de corte	30	S/. 191.67	S/. 1,300.00	S/. 5,500.00	S/. 6,991.67	1380	46	S/. 321,616.67
Traslado de spools (Pase raíz - Pase acabado)	21	S/. 889.58	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 889.58	5124	244	S/. 217,058.33
Espera de spools a pintar	20	S/. 964.84	S/. 430.00	S/. 5,500.00	S/. 6,894.84	3900	195	S/. 1,344,494.53
TOTAL					S/. 35,383.85	51944		S/. 4,534,515.52
					HORAS	865.73		\$1,619,469.83

Anexo 25. Costos y tiempos adicionales debidos a defectos prioritarios

N° Def.	DEFECTO	Tiempo (min)	Costo de Tiempo (Mano de Obra)	Costo de Materiales	Costo Logístico	Costo Total por Operación	Tiempo Total (min)	Frecuencia anual	Costo Anual
1	Traslado de accesorios	25	S/. 203.65	S/. 0.00	S/. 50.00	S/. 253.65	5750	230	S/. 58,339.50
3	Junta apuntalada	30	S/. 360.00	S/. 800.00	S/. 0.00	S/. 1,160.00	4800	160	S/. 185,600.00
8	Spools armado	45	S/. 550.00	S/. 700.00	S/. 0.00	S/. 1,250.00	10935	243	S/. 303,750.00
9	Espacio armado spool	25	S/. 546.28	S/. 0.00	S/. 250.00	S/. 796.28	5250	210	S/. 167,218.80
12	Nivelado de juntas	68	S/. 947.28	S/. 600.00	S/. 5,500.00	S/. 7,047.28	10608	156	S/. 1,099,375.68
15	Desorden área de corte	32	S/. 300.00	S/. 630.00	S/. 0.00	S/. 930.00	7872	246	S/. 228,780.00
17	Conocimiento de las dimensiones del tubo	45	S/. 91.67	S/. 460.00	S/. 5,500.00	S/. 6,051.67	180	4	S/. 24,206.68
18	Irregularidad en el corte de tubos	5	S/. 935.16	S/. 700.00	S/. 0.00	S/. 1,635.16	945	189	S/. 309,045.24
20	Incumplimiento de las tolerancias de corte	30	S/. 191.74	S/. 700.00	S/. 5,500.00	S/. 6,391.74	1380	46	S/. 294,020.04
24	Soldadura interrumpida por le viento	20	S/. 350.00	S/. 890.00	S/. 5,500.00	S/. 6,740.00	3180	159	S/. 1,071,660.00
27	Traslado de spools (Pase raíz - Pase acabado)	21	S/. 889.00	S/. 0.00	S/. 145.83	S/. 1,034.83	5124	244	S/. 252,498.52
29	Espera de spools a pintar	20	S/. 964.00	S/. 430.00	S/. 5,500.00	S/. 6,894.00	3900	195	S/. 1,344,330.00
						TOTAL	S/. 40,184.61	49374	S/. 5,338,824.46
							HORAS	822.9	\$1,977,342.39

Anexo 26. Costos y tiempos adicionales debidos a todos los defectos a reducir con 5's y kanban

N° Def.	Defecto	Tiempo (min)	Costo de Tiempo (Mano de Obra)	Costo de materiales	Costos logísticos	Costo Total por Operación	Tiempo total (min)	Frecuencia anual	Costo Anual
1	Traslado de accesorios	25	S/. 203.65	S/. 0.00	S/. 50.00	S/. 203.65	5750	230	S/. 46,838.54
2	Disponibilidad del puente grúa	38.5	S/. 1,022.66	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1,022.66	6930	180	S/. 184,078.13
7	Cables eléctricos tendidos	3.3	S/. 68.69	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 68.69	359.7	109	S/. 7,487.51
8	Spools armado	45	S/. 550.00	S/. 700.00	S/. 0.00	S/. 2,512.50	10935	243	S/. 610,537.50
9	Espacio armado spool	25	S/. 546.28	S/. 0.00	S/. 250.00	S/. 546.88	5250	210	S/. 114,843.75
12	Nivelado de juntas	68	S/. 947.28	S/. 600.00	S/. 5,500.00	S/. 7,047.92	10608	156	S/. 1,099,475.00
15	Desorden área de corte	45	S/. 300.00	S/. 630.00	S/. 0.00	S/. 930.00	11070	246	S/. 228,780.00
17	Conocimiento de las dimensiones del tubo	114	S/. 91.67	S/. 460.00	S/. 5,500.00	S/. 6,051.67	456	4	S/. 24,206.68
18	Irregularidad en el corte de tubos	5	S/. 935.16	S/. 700.00	S/. 0.00	S/. 1,635.16	945	189	S/. 309,045.24
19	Ajuste de antorcha de corte	8	S/. 32.55	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 32.55	1200	150	S/. 4,882.81
20	Incumplimiento de las tolerancias de corte	30	S/. 191.74	S/. 700.00	S/. 5,500.00	S/. 6,391.74	1380	46	S/. 294,020.04
21	Disponibilidad de biseladora	21	S/. 105.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 105.00	672	32	S/. 3,360.00
22	Biselado de tubos menores a 6"	20	S/. 243.75	S/. 194.00	S/. 0.00	S/. 437.75	1560	78	S/. 34,144.50
25	Inoperatividad del soporte de soldar	14	S/. 79.08	S/. 2,960.00	S/. 0.00	S/. 3,039.08	364	26	S/. 79,016.17
26	Conexiones eléctricas	5	S/. 81.18	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 81.18	545	109	S/. 8,848.87
27	Traslado de spools (Pase raíz - Pase acabado)	21	S/. 889.00	S/. 0.00	S/. 145.83	S/. 1,034.83	5124	244	S/. 252,498.52

28	Pintado de spools	45	S/. 841.81	S/. 260.00	S/. 5,500.00	S/. 6,601.81	10440	232	S/. 1,531,618.89
29	Espera de spools a pintar	20	S/. 964.00	S/. 430.00	S/. 5,500.00	S/. 6,894.00	3900	195	S/. 1,344,330.00
TOTAL						S/. 44,637.06	77488.7		S/. 6,178,012.14
						HORAS	1291.48		\$2,288,152.64

