



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“INFORME DE ACTIVIDADES REALIZADAS PARA LA
EMPRESA BOCAR S.A. DE C.V. COMO INGENIERO
EN ENTRENAMIENTO”**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECATRÓNICO
PRESENTA**

MISAEEL JESÚS RÍOS AGUILAR

MÉXICO D.F. A 27 DE SEPTIEMBRE DE 2007.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme ser un ingeniero egresado de nuestra máxima casa de estudios.

De manera especial a mis padres: Francisco Ríos y Virginia Aguilar por el esfuerzo que han realizado a lo largo de su vida para formarme y educarme a través de la disciplina, la responsabilidad, el respeto, la honestidad y la constancia. Sin ellos difícilmente hubiera alcanzado esta meta importante en mi vida.

A mi novia Isabel, quien me brindó su apoyo incondicional y motivación cuando la conocí en la parte final de la carrera profesional.

A mis amigos que fueron un apoyo moral y parte fundamental en la toma de decisiones.

A los ingenieros Rafael Souza y Mauricio Velasco por el apoyo directo e indirecto para realizar el presente trabajo y por compartir sus experiencias laborales para contribuir con mi crecimiento profesional.

A mis profesores por transmitir sus conocimientos y experiencias enfocados a mi desarrollo académico y profesional.

A ésta máxima casa de estudios: la UNAM, que me dio la oportunidad de estudiar y prepararme dentro de sus aulas y laboratorios, así como fomentar mi crecimiento y desarrollo personal a través de su difusión cultural.

CONTENIDO

I.	DATOS DE LA EMPRESA	
I.I	Razón Social.....	2
I.II	Ubicación.....	2
I.III	Actividades desarrolladas por la empresa.....	2
II.	DATOS DE LA EXPERIENCIA LABORAL	
II.I	Puesto desempeñado.....	4
II.II	Objetivo y descripción del puesto.....	4
II.III	Plan de capacitación.....	4
II.IV	Organigrama.....	5
III.	ATENCIÓN A UN RECLAMO DEL CLIENTE POR FALLA EN CÓDIGO DE BARRAS	
III.I	Código de barras 39.....	7
III.II	Funcionamiento básico de un escáner de código de barras.....	8
III.III	Planteamiento del problema: reclamo del cliente.....	8
III.IV	Análisis para encontrar la causa raíz.....	10
III.V	Primer análisis del problema: Dimensional del código de barras.	10
III.VI	Segundo análisis del problema: Detección de un error en la impresión.....	11
III.VII	Acción de contención propuesta.....	14
III.VIII	Solución propuesta.....	14
III.IX	Muestra de la etiqueta propuesta.....	15
III.X	CONCLUSIONES.....	16
IV.	APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE MANUFACTURA ESBELTA A UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA	
IV.I	Antecedentes.....	18
IV.II	Primera etapa del proyecto: descripción de los aspectos generales del proceso de producción.....	18
IV.III	Segunda etapa del proyecto: mapeo de la cadena de valor.....	21
IV.IV	Tercera etapa del proyecto: identificación de los búfer y desperdicios en la cadena de producción.....	25
IV.V	Cuarta etapa del proyecto: cálculo del tiempo tacto, tiempo ciclo y determinación en el incremento de la capacidad del equipo.....	28

IV.VI	Quinta etapa del proyecto: elementos de trabajo en el proceso y balanceo de línea.....	31
IV.VII	Sexta etapa del proyecto: flujo continuo del material y principio de pull en la línea.....	35
IV.VIII	Séptima etapa del proyecto: definición del tamaño de los búfer y propuesta de layout para reorganizar la línea de producción...	37
IV.IX	Octava parte del proyecto: supermercado de materia prima y manejo del producto terminado.....	39
IV.X	CONCLUSIONES.....	40
V.	APOYO EN LA LIBERACIÓN DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE CON EL PROVEEDOR EN CANADÁ	
V.I	Introducción.....	42
V.II	Descripción de la línea de ensamble.....	43
V.III	Parámetros para liberar la línea.....	44
V.IV	Desarrollo.....	45
V.VI	Tiempo ciclo de la línea.....	45
V.VII	Estándar de producción.....	46
V.VIII	Análisis del scrap (piezas NOK).....	46
V.IX	Análisis de tiempo muerto.....	47
V.X	CONCLUSIONES.....	47
VI.	CONOCIMIENTO Y OPERACIÓN DE EQUIPO CNC	
VI.I	Introducción.....	50
VI.II	Ejes coordenados de un centro de maquinado.....	50
VI.III	Colocación de las herramientas de corte.....	52
VI.IV	Área de trabajo.....	53
VI.V	Tipos de centro de maquinado.....	53
VI.VI	Operación de centros de maquinado CNC.....	55
VI.VII	CONCLUSIONES.....	55
VIII.	ANEXOS	
	Anexo A.....	57
	Anexo B.....	59
	Anexo C.....	62
	Anexo D.....	64

CAPÍTULO I

DATOS DE LA EMPRESA

I.I RAZÓN SOCIAL

Bocar S.A. de C.V.

Esta empresa pertenece al **Grupo Bocar**, el cual está integrado por las siguientes compañías:

-  Bocar
-  Plastic Tec
-  Auma

I.II UBICACIÓN

Profesora Aurora Reza No. 255
Col. Los Reyes Coyoacán
México D.F. C.P. 04330

I.III ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA PLANTA

Fabricación de partes automotrices originales y refacciones de aluminio y zamac correspondientes a motores, bombas (de aceite y gasolina) y carburadores para las plantas armadoras y centros de distribución a través de procesos de maquinado y ensamble.

CAPÍTULO II

DATOS DE LA EXPERIENCIA LABORAL

II.I PUESTO DESEMPEÑADO

Ingeniero en Entrenamiento

Actualmente trabajando para la Dirección General del Grupo Bocar.

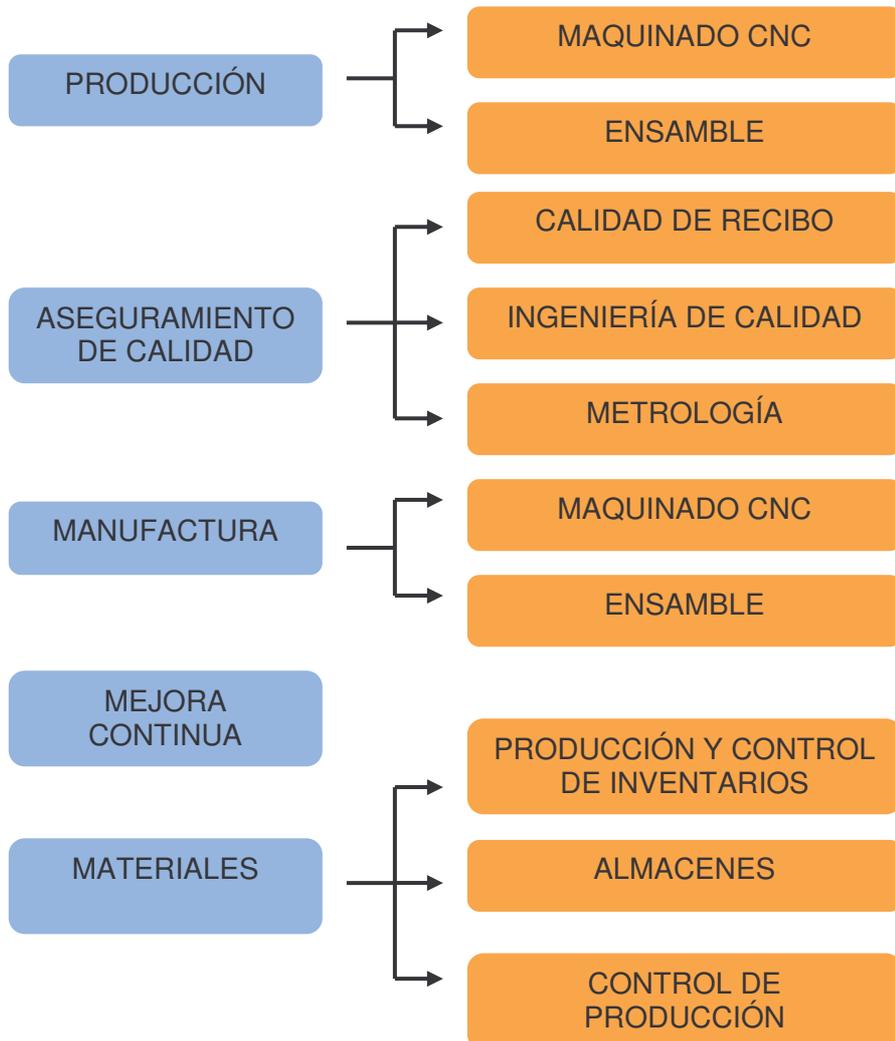
II.II OBJETIVO Y DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

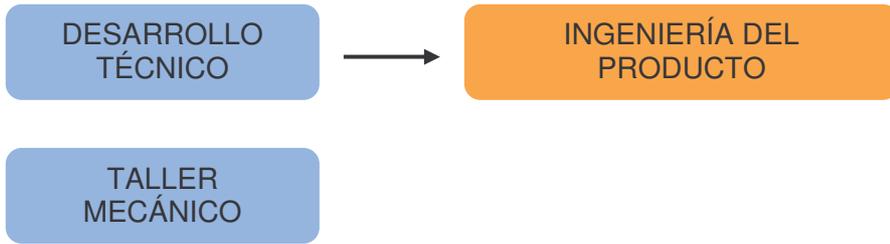
El objetivo es la formación y capacitación práctica durante 6 meses en las tareas productivas y de apoyo de la planta para ocupar posteriormente puestos de responsabilidad garantizando un alto grado de adaptación. Asimismo adquirir experiencia de campo que lo habilite en el ejercicio práctico de la ingeniería con bases en las diferentes áreas productivas.

La fase de entrenamiento involucra una capacitación total en las diferentes áreas de la planta.

II.III PLAN DE CAPACITACIÓN

El plan de capacitación comprende las siguientes áreas:

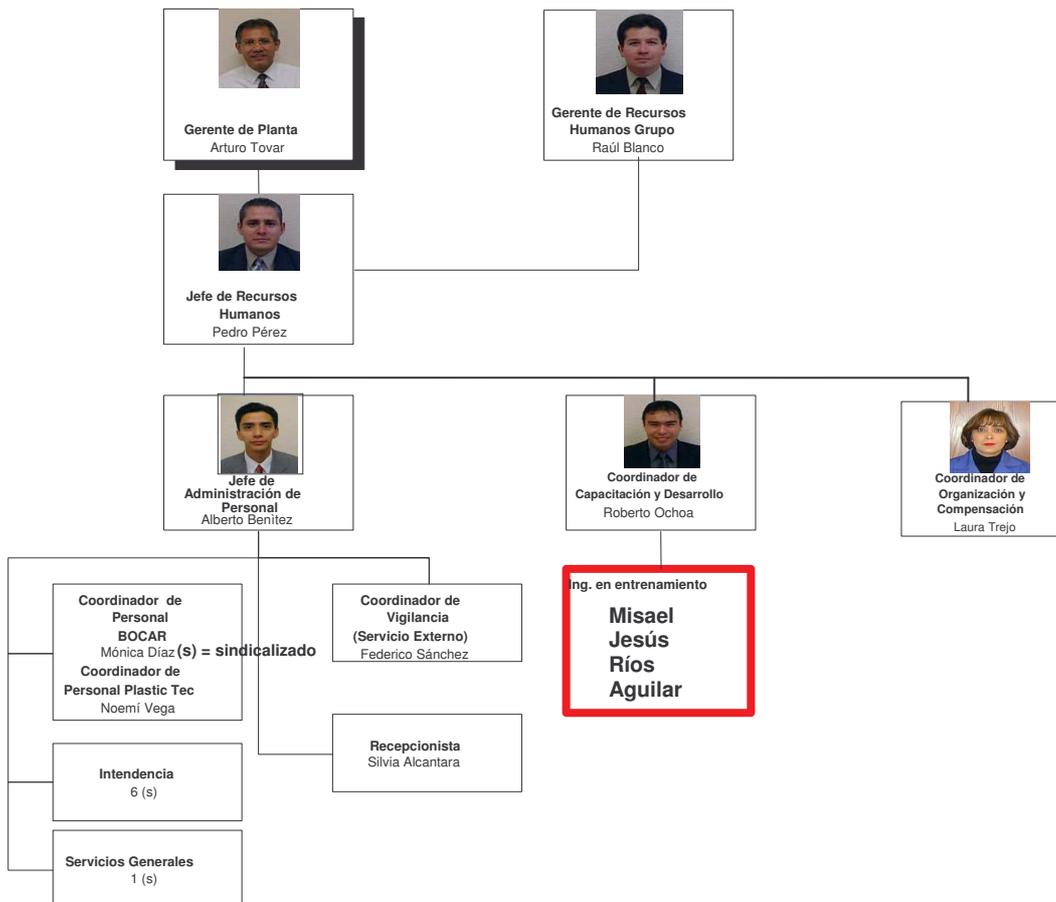




II.IV. ORGANIGRAMA

ORGANIGRAMA RECURSOS HUMANOS

BOCAR®



CAPÍTULO III

ATENCIÓN A UN RECLAMO DEL CLIENTE POR FALLA EN CÓDIGO DE BARRAS

III.I CÓDIGO DE BARRAS 39

El código 39 es una clave alfanumérica. Cada caracter de dato codificado en un símbolo del código 39 está formado por 5 barras y 4 espacios para un total de 9 elementos, 3 de los cuales son anchos.

El código de barras está formado por: “quiet zone” + caracter de inicio + dato codificado + caracter de fin + “quiet zone”.

Para el caracter de inicio y fin se suele usar un asterisco “*”. Además, cada caracter del dato decodificado deberá tener un caracter de separación.



A continuación se presenta una tabla para el Código 39 donde:

- n: barras y espacios delgados;
- w: barras y espacios anchos.

CARAC	PATRÒN b s b s b s b s b	CARAC	PATRÒN b s b s b s b s b	CARAC	PATRÒN b s b s b s b s b	CARAC	PATRÒN b s b s b s b s b
0	n n n w w n w n n	C	w n w n n w n n n	O	w n n n w n n w n	-	n w n n n n w n w
1	w n n w n n n n w	D	n n n n w w n n w	P	n n w n w n n w n	.	w w n n n n w n n
2	n n w w n n n n w	E	w n n n w w n n n	Q	n n n n n w w w w	SP	n w w n n n w n n
3	w n w w n n n n n	F	n n w n w w n n n	R	w n n n n n w w n	*	n w n n w n w n n
4	n n n w w n n n w	G	n n n n n w w n w	S	n n w n n n w w n	\$	n w n w n w n n n
5	w n n w w n n n n	H	w n n n n w w n n	T	n n n n w n w w n	/	n w n w n n n w n
6	n n w w w n n n n	I	n n w n n w w n n	U	w w n n n n n n w	+	n w n n n w n w n
7	n n n w n n w n w	J	n n n n w w w n n	V	n w w n n n n n w	%	n n n w n w n w n
8	w n n w n n w n n	K	w n n n n n n w w	W	w w w n n n n n n		
9	n n w w n n w n n	L	n n w n n n n w w	X	n w n n w n n n w		
A	w n n n n w n n w	M	w n w n n n n w n	Y	w w n n w n n n n		
B	n n w n n w n n w	N	n n n n w n n w w	Z	n w w n w n n n n		

III.II FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE UN ESCÁNER DE CÓDIGO DE BARRAS

Un escáner de código de barras está formado por:

- a) Un escáner.
- b) Un decodificador.
- c) Una interfaz de transmisión de datos.

El código de barras está formado por líneas delgadas y anchas.

Al pasar el escáner sobre el código de barras se observa una línea de luz roja, éste toma la luz reflejada y la convierte en una señal eléctrica.

El láser del escáner comienza a leer el código de barras en un espacio blanco (quiet zone) antes de la primera barra y continúa pasando hasta la última línea, para finalizar en el espacio blanco que sigue a ésta.



Una vez que toma la lectura, decodifica la información que generalmente es la que se encuentra debajo de las barras.

Mientras más larga sea la información a codificar, más largo será el código de barras necesario.

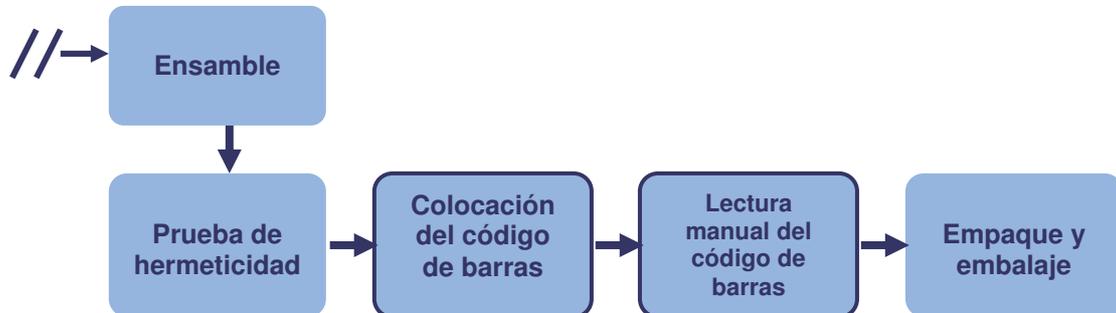
III.III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: RECLAMO DEL CLIENTE

La planta Bocar utiliza código de barras en algunos de sus productos como un requerimiento específico de sus clientes.

Sin embargo, uno de los productos tuvo problemas en lo que respecta al código de barras. De acuerdo al cliente (la armadora), la etiqueta del código de barras se encontraba fuera de especificación de acuerdo a la norma que proporcionaron cuando se desarrollo el producto, por lo cual la lectora instalada en su línea de ensamble no era capaz de leer el código.

La consecuencia inmediata fue el PARO de toda su línea de ensamble de motores y por ende un reclamo.

La etiqueta de código de barras es adquirida por Bocar por medio de un proveedor y se adhiere sobre el producto en la línea de ensamble de Bocar en el siguiente proceso:



El código de barras empleado está formado por:

- a) No. de parte.
- b) Consecutivo de producción

Estos están codificados en código alfanumérico empleando sólo números.

De acuerdo a un análisis realizado por el cliente, la causa raíz fue la siguiente:

“Visualmente la primera línea del código de barras estaba muy delgada en comparación con las demás”.



Bocar pidió a su proveedor de etiquetas de código de barras analizar el problema y diera una respuesta, siendo ésta la siguiente:

“Después de imprimir las etiquetas de código de barras verificamos al 100% que éstas fueran leídas por nuestro escáner y no se presentó problema en la lectura. El mismo proceso se realizó para las etiquetas rechazadas”.

III.IV ANÁLISIS PARA ENCONTRAR LA CAUSA RAÍZ

Primero se realizó un comparativo de las condiciones en que detecta el código de barras el proveedor, el cliente y nuestro proceso para encontrar posibles diferencias:

TABLA NO. 1

	PROVEEDOR DE ETIQUETAS	BOCAR	CLIENTE
1	Imprime etiqueta	Adhiere etiqueta al producto	El producto es introducido a la línea por medio de una banda.
2	Verifica detección manualmente con escáner	Verifica detección manualmente con escáner	La línea se detiene y un escáner fijo lee el código de barras.

Como se observa en la tabla 1, la diferencia encontrada en la forma de leer el código de barras radica en que el cliente realiza la lectura con el código de barras y el escáner fijos.

Sin embargo en la línea de ensamble de Bocar y el proveedor, mantienen fijo el código y móvil el escáner al momento de tomar la lectura.

Así que se analizó el problema para encontrar la posible causa raíz:

- 1) Variando el ángulo de detección es posible leer el código de las etiquetas rechazadas.
- 2) Es posible entonces que exista una variación en la luz reflejada.
- 3) La variación anterior está en función de lo que está impreso en el código de barras.
- 4) Un error en la impresión es la posible causa raíz del problema.

Una vez planteada la causa raíz probable, existían dos alternativas para confirmar la causa y solucionar el problema:

- 1) Análisis exhaustivo del código de barras de acuerdo a la norma del cliente.
- 2) Simular las condiciones de prueba del cliente para detectar el problema.

III.V PRIMER ANÁLISIS DEL PROBLEMA: DIMENSIONAL DEL CÓDIGO DE BARRAS

De acuerdo a la norma del cliente para el CÓDIGO 39: *“el ancho promedio de las líneas delgadas deberá estar dentro de un rango de: 0.191 mm – 0.382 mm.*

La proporción del ancho de los elementos deberá ser 3:1. La proporción medida estará dentro del rango: 2.8:1 – 3.2:1”.

Se tomó una muestra de tamaño n=2. Es decir, una etiqueta OK y una etiqueta NOK proporcionadas por el cliente. Se midieron cada una de las barras de ambas etiquetas de *código de barras* en una mesa de coordenadas de marca ZEISS en el Departamento de Metrología.

Los resultados¹ fueron los siguientes:

TABLA NO. 2

	ETIQUETA NOK ²		ETIQUETA OK ³	
	BARRAS DELGADAS	BARRAS ANCHAS	BARRAS DELGADAS	BARRAS ANCHAS
PROMEDIO DEL ANCHO	0.2537 mm	0.6167 mm	0.2571 mm	0.6326 mm
ANCHO / DELGADO	2.4311		2.4602	

Conclusión de los resultados anteriores:

Como se observa en la tabla anterior, no se cumple la norma del cliente para ambas etiquetas (aceptada y rechazada) respecto a la proporción del ancho de los elementos, la cual deberá estar dentro del rango: 2.8:1 – 3.2.

En base a los resultados obtenidos existían en realidad dos problemas;

- 1) Etiquetas no detectadas por el cliente.
- 2) Etiquetas (OK y NOK) fuera de la norma del cliente.

III.VI SEGUNDO ANÁLISIS DEL PROBLEMA: DETECCIÓN DE UN ERROR EN LA IMPRESIÓN

La etiqueta que fue solicitada al proveedor consta de 10 caracteres de dato codificado:

- a) No. de parte: 4 caracteres
- b) Consecutivo de producción: 6 caracteres

Por consiguiente calculando el número de líneas o barras que debe de tener el código:

¹ Ver tabla detallada en el ANEXO A.

² Etiqueta rechazada por el cliente.

³ Etiqueta aceptada por el cliente.

Total de caracteres del dato codificado	10
Total de caracteres de inicio y fin	2
Número de barras y espacios que forman un caracter	9
Total de caracteres de separación (1 entre cada caracter)	11

$$\text{Total de barras y espacios} = [(10+2) \times 9] + 11 = 119$$

(Sin considerar la "quiet zone").

Por consiguiente:

Un código correcto deberá de tener un total de 119 entre barras (delgadas y anchas) y espacios, sin embargo las etiquetas rechazadas por el cliente que no son leíbles por el escáner presentan 121 barras y espacios de acuerdo al reporte de metrología.

En la figura siguiente se presenta el detalle del carácter que se encontró incorrecto de acuerdo al código 39 por mala impresión:



Detalle A

DETALLE A



El carácter detectado incorrecto es el 8º del dato codificado, en este caso el correspondiente al número “9” del número de serie que se muestra de la etiqueta.

De acuerdo al código 39 debería ser:

n n w w n n w n n

Sin embargo, una de las líneas (la 7a) debería ser ancha y por la impresión parece que esta partida o bifurcada.

Esto genera un total de 121 líneas en lugar de 119.

Esto lo detectamos en TODAS las etiquetas que no son legibles por el escáner del cliente.

COMPROBACIÓN DEL SEGUNDO ANÁLISIS

Se tomó la etiqueta que se observa en la figura y se observó a detalle el valor decodificado por el escáner, los resultados fueron los siguientes:

SERIAL DE LA ETIQUETA	LEÍDO POR EL ESCÁNER DE BOCAR
8971000991	8971000&91
	8971000991
	8971000&91
	8971000991
	8971000&91

Es probable que el error en la impresión originara el paro de la línea de ensamble del cliente al no reconocer el carácter como válido.

En conclusión, de acuerdo a la norma del cliente, la proporción entre los elementos anchos y delgados del código de barras de las etiquetas OK y NOK, están FUERA de especificación.

Por otro lado, se detectó una falla en el 8° carácter del dato codificado al estar bifurcado, por lo tanto estrictamente no se encuentra codificado en Código 39.

III.VII ACCIÓN DE CONTENCIÓN PROPUESTA

Una vez que se detectó un error en la impresión del 8° carácter:

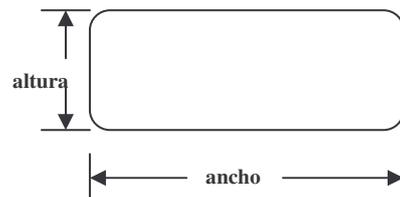
- 1) Detectar el lote que contenía las etiquetas rechazadas. Este fue detectado y la falla en la impresión del 8° carácter repitió.
- 2) Separar el lote de la línea de producción, o en su defecto si ya fueron enviadas al cliente, detener el material y reetiquetarlo.
- 3) Pedir al proveedor verificar la condición de sus impresoras y si se presentó alguna anomalía durante la impresión del lote detectado.
- 4) Exigir al proveedor etiquetas sin defectos de impresión y certificadas al 100% tomando en cuenta el antecedente del reclamo.
- 5) Entregar al cliente etiquetas certificadas por el proveedor.

III.VIII SOLUCIÓN PROPUESTA

Como se observó ambas etiquetas (OK y NOK), están fuera de especificación de acuerdo a la norma del cliente en lo que respecta a la proporción del promedio de las barras anchas / delgadas.

Las dimensiones disponibles en el PAD en la pieza para colocar la etiqueta en el producto son:

ANCHO MIN PAD: 48.5 mm
ANCHO MAX PAD: 51.5 mm
ALTURA: 33.0 mm



De acuerdo a la norma del cliente:

NO. DE CARACTERES	ALTURA MIN DEL CÓDIGO DE BARRAS	ANCHO MIN DE LA ETIQUETA INCLUYENDO LA "QUIET ZONE"	ANCHO RECOMENDADO DE LA ETIQUETA INCLUYENDO LA "QUIET ZONE"
9	8.6 mm	49.5 mm	57.1 mm
10	9.1 mm	53.6 mm	61.2 mm

Actualmente no se tiene el espacio suficiente en el PAD para un código de 10 caracteres.

Para evitar cambios de ingeniería que implican un costo adicional al cliente, la propuesta es utilizar números hexadecimales codificados en el código de barras, y así disminuir el tamaño de 10 a 9 caracteres y ajustarnos al mínimo de las especificaciones del cliente.

Así la trama codificada quedaría de la siguiente manera:

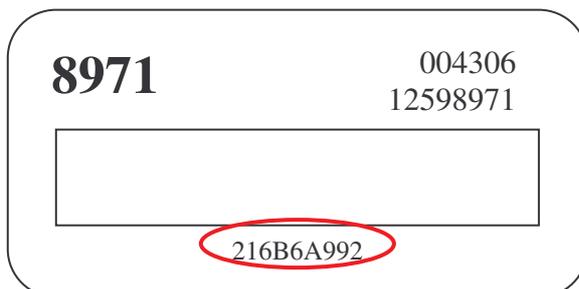
NUMERO DE PARTE	CONSECUTIVO
BASE DECIMAL	BASE DECIMAL
8671	000 000
8671	999 999

BASE DECIMAL (ACTUALMENTE)	BASE HEXADECIMAL (PROPUESTA)
8971000000	216B698C0
8971000001	216B698C1
8971000002	216B698C2
-----	-----
8971999997	216C5DAFD
8971999998	216C5DAFE
8971999999	216C5DAFF

Como se observa en la tabla anterior, el número de parte para nuestro cliente en hexadecimal es el: 216, pero en realidad haciendo la conversión a base decimal sigue conservando el número de parte 8971; es decir, sólo es una manera diferente de enviar por medio de código de barras información al escáner.

III.IX MUESTRA DE LA ETIQUETA PROPUESTA

Suponiendo que el cliente tiene un producto que tiene una etiqueta de código de barras con número: 8971004306, la etiqueta presentaría las siguientes modificaciones en comparación con la actual:



Cambia el ancho de la etiqueta y el número señalado

Para proponer la idea al cliente la etiqueta de código de barras con las modificaciones mencionadas anteriormente es la siguiente:



En código decimal, el dato decodificado es: 8971004306

No. de parte: 8971

Consecutivo: 4306

III.X CONCLUSIONES

Cuando ocurre un reclamo por parte del cliente (la armadora automotriz) es muy importante atender de manera inmediata el problema tomando **acciones de contención** para evitar que el problema se extienda, así como tomar **acciones correctivas** para solucionarlo y finalmente **acciones preventivas** para evitar que en lo posterior se presente el mismo problema.

En el caso presentado fue importante que el cliente no sólo informara del problema, sino incluso la posible causa raíz y las condiciones bajo las cuales efectuaba la detección del código de barras en su línea de producción.

Por los análisis efectuados además se concluyó que la causa raíz del problema fue un error en la impresión del código de barras por parte del proveedor de Bocar, así que se sugirió detectar el lote de etiquetas defectuosas y no utilizarlo en nuestros productos, o bien reetiquetar el producto si el cliente lo había recibido.

Asimismo se acordó con el proveedor que debía verificar al 100% las etiquetas para certificar la calidad de las mismas.

De esta manera se garantizó al cliente la eliminación del riesgo de paro de su línea de producción por problemas en los códigos de barras impresos en las etiquetas.

En lo que respecta a la solución del problema, se propuso codificar la información del código de barras en código hexadecimal para modificar las dimensiones de la etiqueta y cumplir con la norma y especificaciones del cliente.

CAPITULO IV

APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE MANUFACTURA ESBELTA A UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA

IV.I ANTECEDENTES

Uno de los proyectos que estoy desarrollando para la Dirección General del Grupo Bocar en conjunto con diversas áreas de la planta es la aplicación de los principios de manufactura esbelta (*lean manufacturing*) a un proceso de producción con miras en la aplicación a todos los procesos de la planta.

La aplicación de estos principios tiene como fundamento el “mapeo” de la cadena de valor de producción, comenzando con un recorrido del proceso en planta desde el producto terminado que recibe el cliente hasta la materia prima en donde inicia el proceso de la autoparte automotriz.

El “Mapeo de la Cadena de Valor del Estado Presente” incluye dos tipos de flujo: material e información. En principio se pretende generar un “Mapa de la Cadena de Valor del Estado Futuro” a partir del estado presente el cual se aproxime a un flujo continuo.

Para poder llegar al estado futuro se deben de lograr tres principios fundamentales del JIT (Just In Time):

-  Tiempo Tacto.
-  Flujo continuo de material (pieza a pieza).
-  “Principio de Pull”.

IV.II PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO: DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS GENERALES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

AUDITORÍA 5´S

Una auditoría 5´S consiste en revisar y examinar un proceso de producción en lo que respecta a la disciplina, el orden y la limpieza.

El significado de las 5´S es el siguiente:

SEIRI (CLASIFICACIÓN)	Retirar lo innecesario del área de trabajo.
SEITON (COLOCACIÓN)	Material de trabajo en perfectas condiciones y a la mano.
SEISO (LIMPIEZA)	Limpieza en el lugar de trabajo incluyendo equipo y herramientas.
SEIKETSU (ORDEN):	Orden en el área de trabajo.
SHITSUKE (AUTODISCIPLINA)	Disciplina para continuar desarrollando las 4´s anteriores.

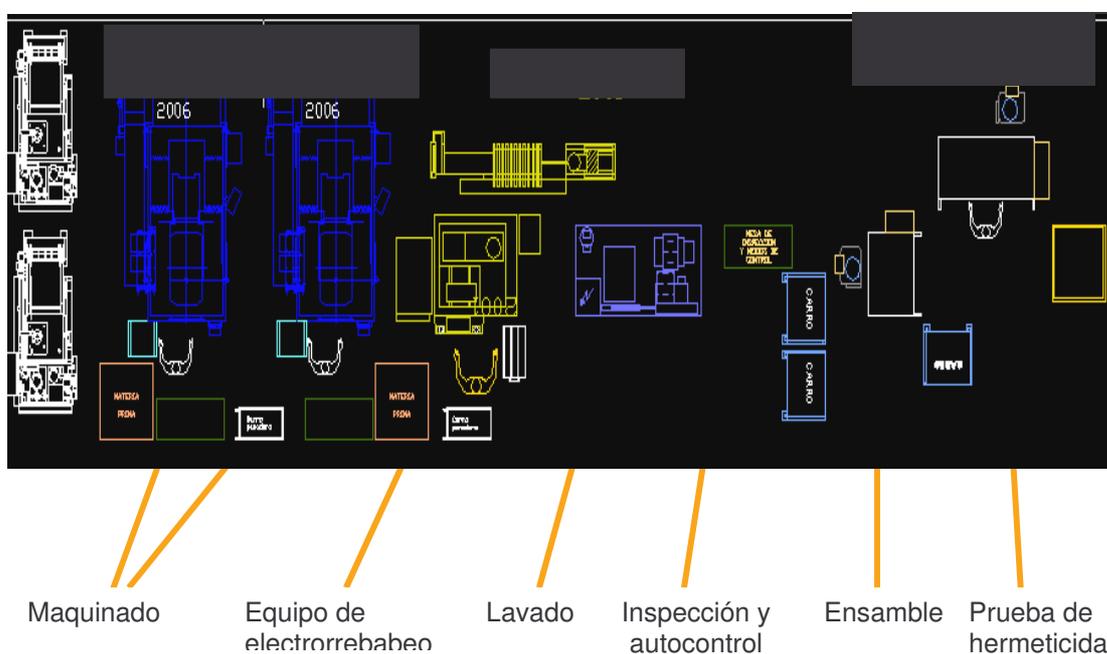
La importancia de una auditoría de 5's radica en determinar el estado en el que se encuentra el proceso e identificar oportunidades prontas de mejora.

El proceso fue auditado¹ 5's y los resultados fueron entregados al supervisor de producción para que definiera acciones de mejora.

LAYOUT Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El layout es un plano que muestra la distribución del equipo, maquinaria y materiales en piso.

A continuación se muestra el layout del proceso al comenzar el proyecto. Este muestra la distribución en piso del equipo y maquinaria utilizados para procesar la materia prima.



DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES

MAQUINADO: La materia prima (pieza de fundición de aluminio) es procesada en centros de maquinado CNC en dos operaciones (1ra y 2da sujeción). Cada operación está definida por la posición de la pieza dentro del dispositivo y por las zonas a maquinar. En cada ciclo se maquinan 2 piezas.

EQUIPO DE ELECTRORREBABEO Se introducen dentro de la pieza dos electrodos, se aplica una descarga eléctrica para eliminar las rebabas existentes en los barrenos y ductos de la pieza. Se procesa una pieza por ciclo.

LAVADO: Un grupo de 12 piezas son introducidas a la lavadora dentro de una canastilla metálica.

¹ El resultado de la auditoría se presenta en el anexo B.

INSPECCIÓN Y AUTOCONTROL: A cada una de las piezas se les revisa el diámetro de un barreno por motivo de reclamo del cliente (inspección al 100%). Por otro lado, el autocontrol se realiza cada 4 horas para llevar un control estadístico del proceso.

ENSAMBLE: Se ensambla en la pieza un par de balines mediante equipo hidráulico (por aceite). Se ensambla 1 pieza por ciclo.

PRUEBA DE HERMETICIDAD: Después del ensamble las piezas son probadas para evitar que fuguen de acuerdo a parámetros establecidos por el cliente. 2 piezas por ciclo son probadas de fuga.

EFICIENCIA DEL PROCESO Y PORCENTAJE DE SCRAP

La eficiencia se utiliza para conocer el uso de los recursos o cumplimiento de actividades con dos acepciones: “relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de recursos estimados o programados”; “grado en el que se aprovechan los recursos utilizados transformándose en productos”. Esto es que la eficiencia sólo toma en cuenta la cantidad y no la calidad del logro.

La eficiencia se calcula de la siguiente manera:

$$\text{EFICIENCIA} = \text{TOTAL PRODUCIDO} / \text{ESTÁNDAR}$$

Para el proyecto se obtuvieron de la base de datos del grupo los siguientes datos de eficiencia de los equipos / máquinas que conforman el proceso, estos se muestran a continuación:

EQUIPO / MÁQUINA	EFICIENCIA
<i>MAQUINADO</i>	<i>91.11 %</i>
<i>ELECTRORREBABEO</i>	<i>91.18 %</i>
<i>ENSAMBLE Y HERMETICIDAD</i>	<i>95.21 %</i>

Por otro lado, el scrap son todas las piezas rechazadas a lo largo del proceso por no cumplir con la calidad adecuada que requiere el cliente. En este caso el porcentaje de scrap fue <2%.

IV.III SEGUNDA ETAPA DEL PROYECTO: MAPEO DE LA CADENA DE VALOR

DEFINICIÓN DE UNA CADENA DE VALOR

Una cadena de valor (Value Stream Mapping) son todas las acciones (las que agregan valor y las que no agregan valor) que se requieren para llevar un producto a través de un proceso para que:

- a) El producto fluya desde la materia prima hasta las manos del cliente.
- b) Diseñar el flujo desde el concepto hasta su lanzamiento.

Las **actividades que agregan valor** son aquellas que transforman al producto (le añaden valor) y por las cuales el cliente está dispuesto a pagar.

Por otro lado, las **actividades que no agregan valor** son aquellas que no aumentan el valor del producto, aumentan los costos y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar.

En la cadena de valor es importante analizar la cadena como un todo, y no solo cada proceso (maquinado, ensamble, pintura, etc.,) que la componen de manera individual.

Una vez que se analiza toda la cadena, es válido comenzar analizar profundamente cada proceso para mejorarlo.

Para realizar el mapeo es importante tomar en cuenta lo siguiente:

- ✓ Ir directamente al proceso y coleccionar la mayor cantidad de información posible referente al flujo de información y material.
- ✓ Comenzar en el almacén de producto terminado y en la parte final del proceso, en lugar de comenzar en donde inicia. Esto se debe a que ésta parte de la cadena de producción es la que está en contacto con el cliente, quien determina el ritmo de la producción.
- ✓ Tomar tiempos y movimientos, y confiar sólo en la información de scrap, tiempos muertos, de la capacidad del equipo y de la que se obtenga directamente del equipo.

A través de la cadena de producción, el material está en movimiento constante, éste es el denominado **flujo de material**. Sin embargo, existe otro flujo que indica lo que cada proceso de la cadena debe producir: **flujo de la información**.

En la aplicación de manufactura esbelta (Lean Manufacturing) el flujo de información es tan importante como el flujo del material. La importancia radica en cómo hacer que fluya la información para producir sólo lo que se necesita en el momento justo

Para el proyecto se elaboró un “mapa del estado presente” integrando el flujo de material y de información. Para ello se utilizaron iconos² correspondientes a la metodología del mapeo de una cadena de valor que representen el proceso de manera gráfica.

Cabe señalar que en el mapa se anotan los datos relevantes al proceso tomados directamente del mismo como son: tiempos ciclo, eficiencia, utilización, tiempo disponible, requerimiento promedio del cliente y requerimiento al proveedor.

DEFINICIONES BÁSICAS

Tiempo ciclo (C/T)

Se define como la frecuencia a la que una pieza o producto es completada dentro de un proceso. O bien, el tiempo que le toma al operador en llevar cada pieza a través de todos los elementos de trabajo dentro de un proceso.

Tiempo para crear valor agregado (VCT)

Es el tiempo en el cual los elementos de trabajo transforman el producto en una forma en la cual el cliente está dispuesto a pagar.

Tiempo de cambio de modelo (C/O)

Es el tiempo necesario para cambiar de proceso. Es nuestro caso el tiempo requerido para efectuar un cambio de dispositivo para maquinado o cambio de programa para una estación de ensamble.

% (UPTIME)

Es la relación entre el tiempo de producción y el tiempo disponible en un año.

Además se calculan los siguientes parámetros del proceso:

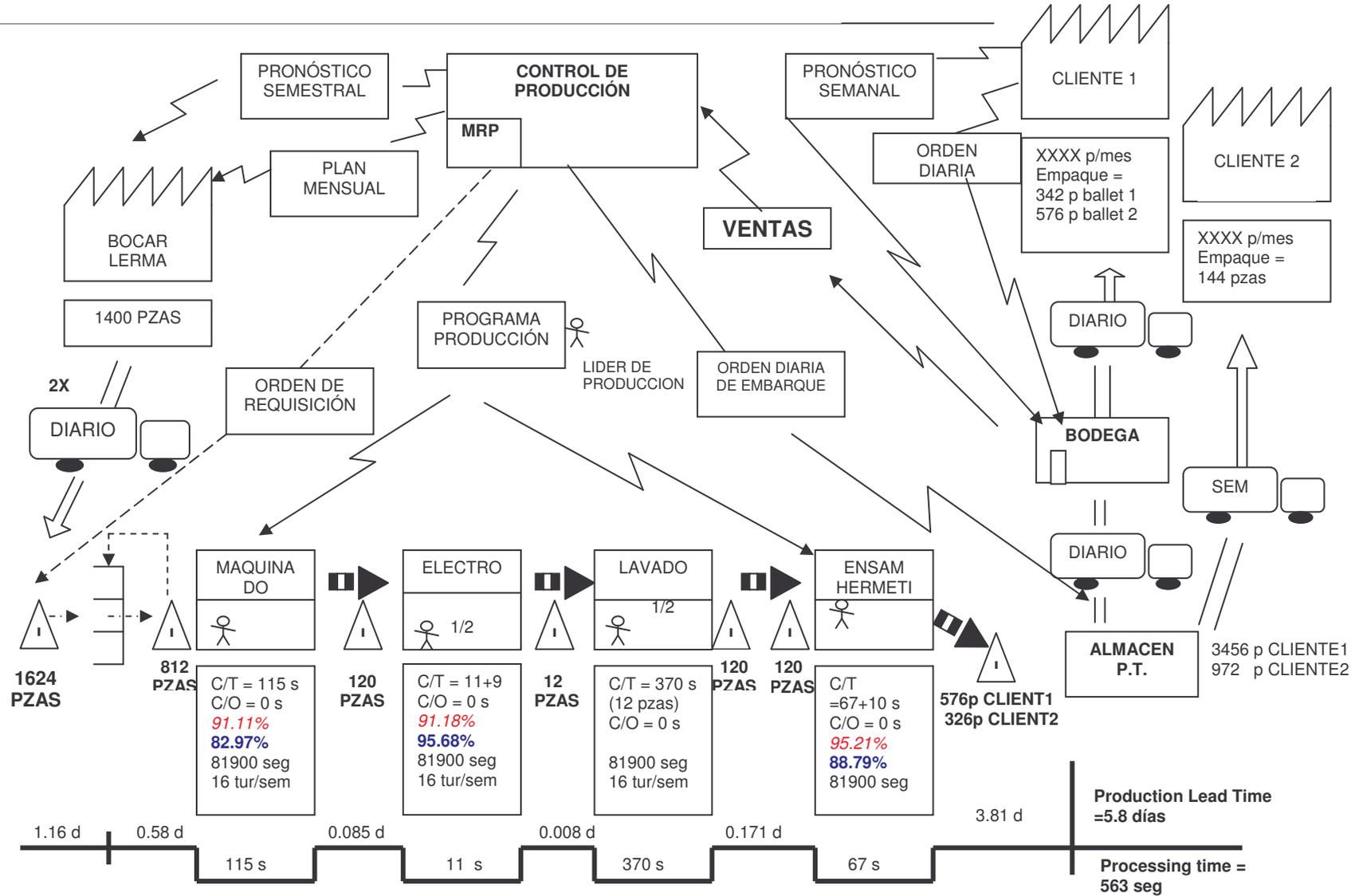
Processing time: Es el tiempo en el cual el producto es transformado en el proceso (tiempo de proceso).

Lead time: Es el tiempo que le toma a una pieza en moverse a través de la cadena de valor, desde que llega a material de recibo hasta que sale del almacén de producto terminado directo al cliente.

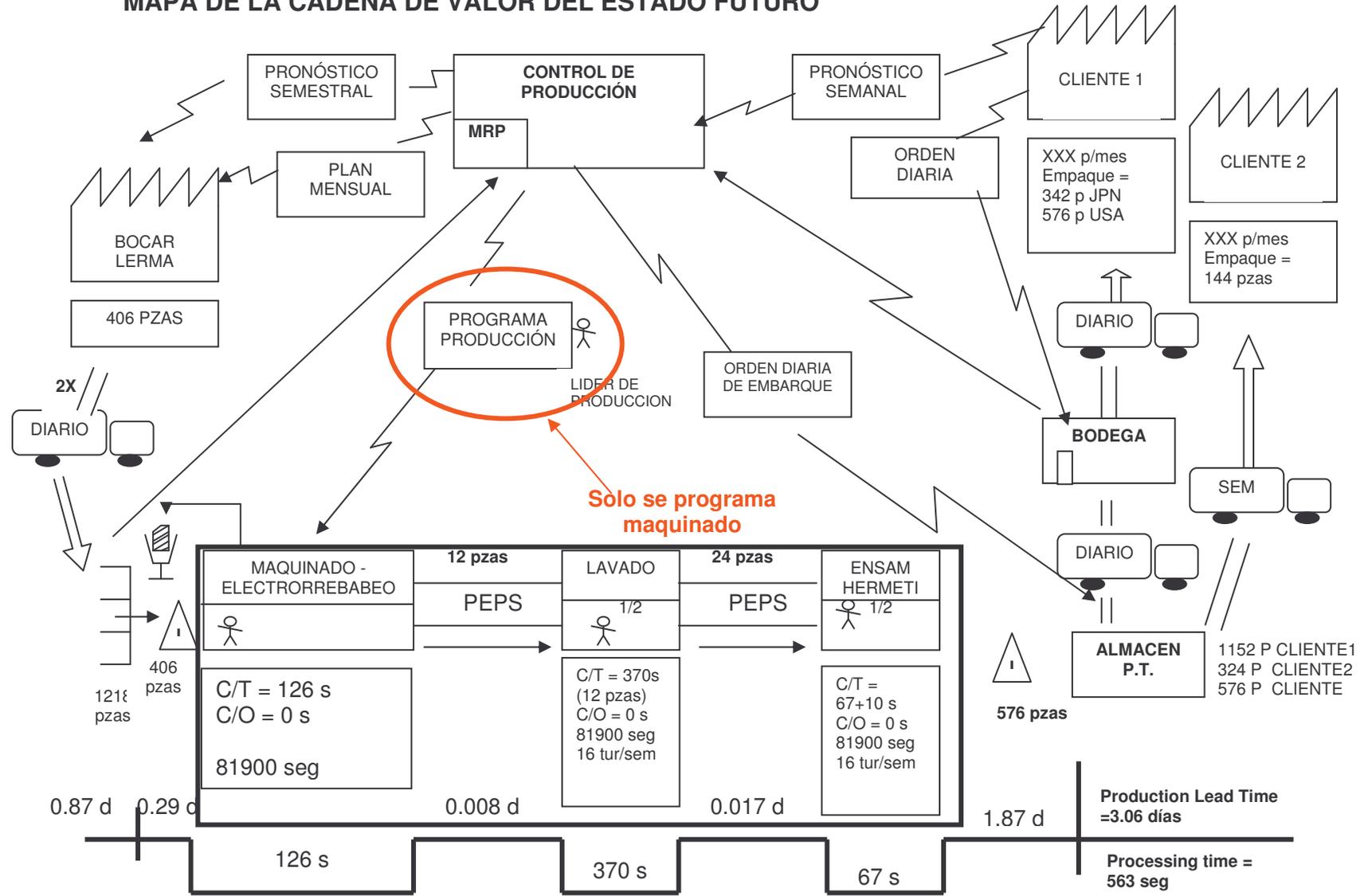
En general: VCT < C/T < L/T

² En el anexo C se muestran algunos iconos empleados para mapear una cadena de valor.

MAPA DE LA CADENA DE VALOR DEL ESTADO PRESENTE



MAPA DE LA CADENA DE VALOR DEL ESTADO FUTURO



Solo se programa maquinado

IV.IV TERCERA ETAPA DEL PROYECTO: IDENTIFICACIÓN DE LOS BÚFER Y DESPERDICIOS EN LA CADENA DE PRODUCCIÓN

Un punto importante es contabilizar el inventario (BÚFER) en la cadena de producción, desde almacén de materia prima hasta producto terminado. Un búfer dentro de la cadena provoca:

- ✚ Aumento de los costos por inventariar el material de no ser necesario.
- ✚ Dificultan aplicar PEPS en el material (primaras entradas – primeras salidas).
- ✚ Un problema en la calidad implica el riesgo de generar mayor scrap.
- ✚ Cambios de inventario poco frecuentes debido a embarques infrecuentes.
- ✚ Dificulta el flujo continuo del material.

Sin embargo, en ocasiones son necesarios, ejemplo: dejar enfriar una pieza de aluminio después de que pasa a través de un proceso de lavado. Sin embargo, es importante determinar adecuadamente el tamaño del búfer para que el material esté fluyendo continuamente.

Para determinar el tiempo necesario para consumir el inventario se utiliza la siguiente fórmula:

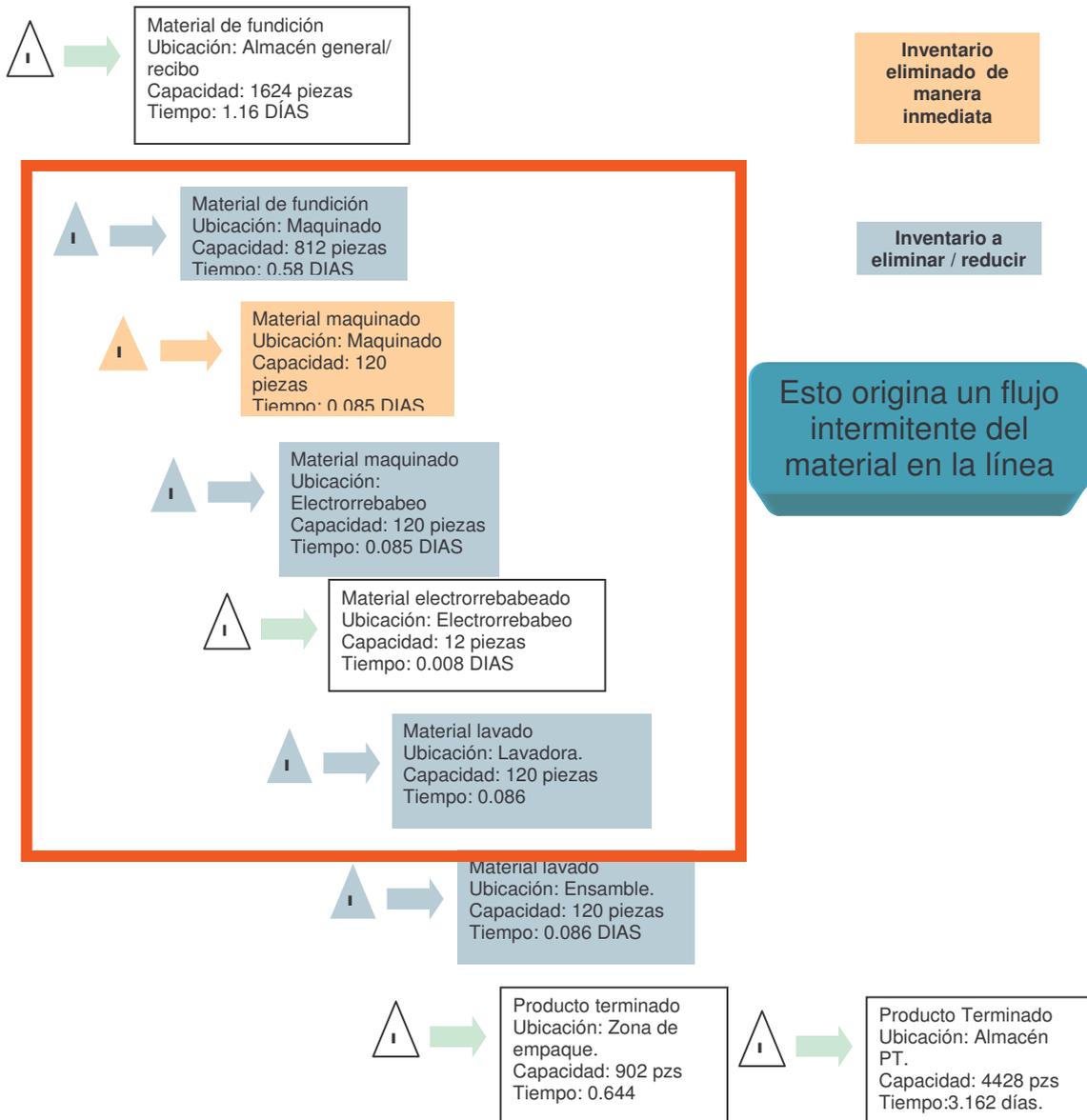
$$\text{Tiempo (días)} = \frac{\text{Capacidad en el inventario (pzas)}}{\text{Entrada de materia prima (días)}}$$

Cabe señalar que en teoría la entrada de materia prima que ingresa a la planta debe ser aproximadamente igual a la cantidad de producto terminado que se factura al cliente (caso ideal). Si no coinciden ambos datos, es recomendable realizar el cálculo considerando lo que se ha facturado al cliente.

Por ejemplo: Si diariamente ingresa a la planta 1000 piezas de materia prima y se encuentra un búfer en la línea de producción con capacidad para 200 piezas. El tiempo que tarda teóricamente en consumirse el material es:

$$\text{Tiempo} = \frac{200 \text{ piezas}}{1000 \text{ piezas}} = 0.2 \text{ días} = 4.8 \text{ horas}$$

Haciendo un recorrido en la planta, se encontraron los siguientes puntos de inventario o búfer, los cuales fueron señalados en los mapas de la cadena de valor en su estado presente y futuro:



La utilidad de hacer esto es valorar si son necesarios y reducirlos y/o eliminarlos para tener en la medida posible flujo de piezas a pieza.

Como se observa, se tiene una gran cantidad de material en proceso, lo cual indica que existe un flujo intermitente del material y en ocasiones puntos de inventario innecesarios, como en el caso maquinado – rebabeo.

IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS EN LA CADENA DE PRODUCCIÓN

Continuando con el mapeo del proceso se procedió a identificar los desperdicios a lo largo de la cadena de producción para reducirlos paulatinamente y eliminarlos.

a) SOBREPDUCCIÓN

- ✓ Existencia de piezas maquinadas en almacén por mala planeación del personal operativo.
- ✓ Acumulamiento de material entre procesos.

b) INVENTARIOS

Se observaron “carritos” para transportar y almacenar material que:

- ✓ Dificultan llevar el orden de PEPS porque se vacían en orden contrario en que son llenados.
- ✓ Son poco prácticos para llenar, transportar y tomar material.
- ✓ Tienen alta capacidad para almacenar material (120 pzas).



c) TRANSPORTE DE MATERIAL

- ✓ De carrito (búfer) de maquinado a rebabeo.
- ✓ De lavado a ensamble.

d) TIEMPOS DE ESPERA DURANTE EL CICLO AUTOMÁTICO

- ✓ Maquinado.
- ✓ Rebabeo.
- ✓ Lavado automático.
- ✓ Ensamble y prueba de hermeticidad.

e) ACTIVIDADES NO NECESARIAS (NO AGREGAN VALOR)

- ✓ Sopleteo excesivo de piezas maquinadas 2da operación.
- ✓ Sopleteo excesivo por pieza después del lavado.
- ✓ Preparar y llenar carro con piezas lavadas para ser descargado en ensamble.

f) ACTIVIDADES OCULTAS

- ✓ Preparación del empaque (necesario)

IV. V CUARTA ETAPA DEL PROYECTO: CÁLCULO DEL TIEMPO TACTO, TIEMPO CICLO Y DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO DE LA CAPACIDAD EN EL EQUIPO

Una vez conocido el estado actual del proceso es importante conocer el tiempo tacto, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo tacto} = \frac{\text{Demanda del cliente}}{\text{Tiempo disponible de trabajo}}$$

La demanda del cliente puede considerarse cada turno, día, semana, mes o de acuerdo a la frecuencia de embarque. Para calcular el tiempo tacto se dividió la demanda semanal del cliente entre el número de turnos operados durante ese periodo de tiempo.

Para el tiempo disponible, se descontaron los TIEMPOS MUERTOS PLANEADOS (limpieza y comidas), pero no los TIEMPOS MUERTOS NO PLANEADOS (problemas / fallas en el equipo, cambios de herramienta y dispositivo, etc.) como se muestra a continuación:

Total de hras/día: 24 hras = 86 400 seg.
Tiempo muerto planeado: 45 min de limpieza (15 min/turno)
 30 min de comida en el tercer turno
 75 min = 4500 seg. totales

Tiempo disponible por día: 81900 seg.
Tiempo disponible por turno: 27300 seg (3 turnos iguales).

La demanda se calculó en función del proceso de la cadena de valor que trabajara tres turnos diariamente por ser el “cuello de botella”, en este caso fue maquinado como se verá más adelante.

SEMANA 2007	PRODUCIDO /04	PRODUCIDO /01	PRODUCIDO /04	TURNOS TRABAJADOS MAQUINADO	DEMANDA X SEM	DEMANDA X TURNO
16	7488			15	7488	499
17	6912		648	15	7560	504
18	4608		648	15	5256	350
19	4608	432	1296	15	6336	422
20	4032		1620	15	5652	377
21	5760	288	972	15	7020	468
22	2304	144	4212	15	6660	444
23	4032	144	2268	15	6444	430
24	4608	144	2592	15	7344	490
25	2880	144	2268	15	5292	353
PROMEDIOS	4723,2	216	1836	15	6505	434

TIEMPO TACTO	
TIEMPO DISPONIBLE X DIA (seg)	81 900
TIEMPO DISPONIBLE X TURNO (seg)	27 300
DEMANDA DEL CLIENTE PROMEDIO POR TURNO	433.68
TIEMPO TACTO (seg)	62,950

Como se observa en la tabla anterior, el cliente requiere en promedio una pieza cada 62.95 segundos.

Nota: La cantidad PRODUCIDA que aparece en la tabla anterior no es un dato real por motivos de confidencialidad.

TIEMPOS CICLO EFECTIVOS MÁQUINA POR PIEZA

Una vez determinado el tiempo tacto, se calcularon los tiempos de ciclo máquina para determinar si era posible producir de acuerdo al ritmo del cliente actualmente y en el futuro, considerando un incremento o decremento en la demanda de acuerdo a los pronósticos del Departamento de Ventas con un horizonte a 3 años.

Los resultados de los tiempos ciclo fueron los siguientes:

MÁQUINA	CICLO MÁQUINA (seg)	CARGA / DESCARGA (seg)	CICLO MÁQUINA EFECTIVO X PZA (seg)
MAQUINADO	230	34	57,50
ELECTRO	11	9	20,00
LAVADORA	370	27	33,08
ENSAMBLE	21	4	25,00
HERMETICIDAD	46	6	26,00

Cuello de botella

MAQUINADO

Piezas por ciclo: 2 piezas
 Número de máquinas CNC: 2 (en el proceso)
 Total de piezas por ciclo: 4 piezas
 Tiempo ciclo: 230 seg.
 Tiempo de carga / descarga: 34 seg

$$\text{CICLO EFECTIVO MÁQUINA} = \frac{\text{TIEMPO CICLO AUTOMÁTICO} + \text{CARGA/ DESCARGA}}{\text{NÚMERO DE PIEZAS POR CICLO}}$$

$$\text{CICLO EFECTIVO MÁQUINA} = \frac{230 \text{ seg}}{4 \text{ piezas}} = 57,5 \text{ seg}$$

EQUIPO DE ELECTRORREBABEO

Piezas por ciclo: 1 pieza

Tiempo ciclo: 11 seg.

Tiempo de carga / descarga: 9 seg

$$\text{CICLO EFECTIVO MÁQUINA} = \frac{11+9 \text{ seg}}{1 \text{ pieza}} = 20 \text{ seg}$$

LAVADORA

Piezas por ciclo: 12 piezas

Tiempo ciclo: 370 seg.

Tiempo de carga / descarga: 27 seg

$$\text{CICLO EFECTIVO MÁQUINA} = \frac{370+27 \text{ seg}}{12 \text{ piezas}} = 33.08 \text{ seg}$$

ENSAMBLE

Piezas por ciclo: 1 pieza

Tiempo ciclo: 21 seg.

Tiempo de carga / descarga: 4 seg

$$\text{CICLO EFECTIVO MÁQUINA} = \frac{21+4 \text{ seg}}{1 \text{ pieza}} = 25 \text{ seg}$$

PRUEBA DE HERMETICIDAD

Piezas por ciclo: 2 piezas

Tiempo ciclo: 46 seg.

Tiempo de carga / descarga: 6 seg

$$\text{CICLO EFECTIVO MÁQUINA} = \frac{46+6 \text{ seg}}{2 \text{ piezas}} = 26 \text{ seg}$$

Cabe señalar que no se tomó en cuenta el tiempo de carga / descarga para maquinado debido a que es un tiempo interior, por que el centro de maquinado trabaja continuamente mediante dos mesas de trabajo (tipo "W"), en las cuales mientras en una mesa se está maquinando en la otra el operador realiza la carga / descarga de piezas.

Como se observa el "cuello de botella" tiene un tiempo ciclo menor al tiempo tacto: 57.5 seg < 62.95 seg, por lo cual es posible trabajar al ritmo del cliente actualmente.

DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO DE LA CAPACIDAD EN EL EQUIPO / MAQUINARIA

Una vez que sabemos que el equipo puede trabajar al tiempo tacto, se determinó si existe una posibilidad en el incremento de la capacidad del equipo para lo cual se solicitó al Departamento de Ventas el pronóstico una proyección a 3 años el cual fue el siguiente:

AÑO	PRONÓSTICO DE VENTAS	TIEMPO TACTO (PIEZAS / HRA)	
		a 240 días, 22.75 hras	a 288 días, 22.75 hras
2008	450000	82,418	68,681
2009	475000	86,996	72,497
2010	490000	89,744	74,786

Nota: Los datos mostrados en la tabla no son representativos por confidencialidad de la empresa.

Considerando tiempo de mantenimiento y que la eficiencia y utilización del equipo no están al 100%:

$$5 \text{ días / semana} = 20 \text{ días / mes} = 240 \text{ días / año}$$

$$6 \text{ días / semana} = 24 \text{ días / mes} = 288 \text{ días / año}$$

Analizando la tabla anterior, se concluyó que será necesario un incremento de la capacidad en maquinado para el próximo año si se opta por trabajar 240 días 22.75 horas, porque con un tercer centro de maquinado CNC diseñado para producir 30 pzas/hra se obtendrían 90 en total piezas / hra por las 3 máquinas.

Por otro lado, si se opta por dejar un día de mantenimiento semanal se tendría que incluir en el proceso otro centro de maquinado para poder cubrir al cliente y tener la posibilidad de que este centro de maquinado se compartiera con otro producto para que trabajará al máximo de utilización posible. Sin embargo con esta opción se estaría considerando el pago de tiempo extra cada semana.

IV.VI QUINTA ETAPA DEL PROYECTO: ELEMENTOS DE TRABAJO EN EL PROCESO Y BALANCEO DE LÍNEA

Una vez efectuado un análisis del proceso así como del equipo, se consideró el trabajo desarrollado por el personal operativo, es decir, los elementos de trabajo del proceso. Estos son las operaciones o tareas realizadas por el operador para producir una pieza.

Para esto se realizó un estudio de proceso considerando además de los tiempos automáticos del equipo, los tiempos de operación manual.

Los estudios de proceso se basaron previamente en observar las actividades desarrolladas en cada proceso de la cadena y se tomaron los tiempos necesarios para desarrollar tales operaciones.

Cabe señalar que se consideró a los operadores en un nivel HABIL para desarrollar el proceso de acuerdo a las Cartas de Versatilidad³ existentes en la planta.

De los tiempos obtenidos se consideró el tiempo mínimo repetible. Estos fueron los siguientes:

- 1 OPERADOR EN EL PROCESO -

PROCESO	ELEMENTOS DE TRABAJO PARA PROCESAR 2 PIEZAS	TIEMPO REPETIBLE MIN (s)
MAQUINADO	Descarga pzas (2x) maquinadas 2ad op	4
	Coloca piezas maquinadas en tina de lavado	3
	Sopletea dispositivo 2da op	5
	Toma pzas maq. 1ra op de tina de lavado	2
	Carga pzas (2x) para 2ad op	5
	Presiona botón (2X) de confirmación	1
	Sopletea pzas (2x) maquinadas 2a op	25
	Inspección visual 100%	10
	Coloca pzas maq 2ad op en carrito	12
	Toma pzas de fundición de canastilla	3
	Descarga pzas (2x) maquinadas 1ra op	3
	Coloca piezas maquinadas en tina de lavado / enjuaga	3
	Carga pzas (2x) para 1ra op	4
	Presiona botón (2X) de confirmación	1
	<i>Repite operaciones anteriores para 2da máq CNC</i>	
	Verifica ø 20 mm (2X)	10
TOTAL PARA LOS 2 CENTROS DE MAQUINADO	182 seg	

- 1 OPERADOR EN EL PROCESO -

PROCESO	ELEMENTOS DE TRABAJO PARA PROCESAR 12 PIEZAS	TIEMPO REPETIBLE MIN (s)
ELECTRO RREBABE O LAVADO	Toma pza (1x) maquinada	24
	Carga / descarga maq electrorrebabeo	36
	Coloca pza electro en bandeja para que escurra	12
	Presiona botón (2X) de confirmación	24

³ Las Cartas de Versatilidad son un documento que muestran el grado de avance y la habilidad del operador para desarrollar una determinada operación en un proceso.

Coloca pza electro en reja (12x)	12
Transporta reja con 12 pzas a la lavadora	7
Carga / descarga de lavadora	17
Presiona botón (1X) de confirmación	3
Transporta reja a zona de inspección (1 vez x ciclo)	3
Descarga reja pza a pza	12
Sopletea pza y coloca en mesa	36
Coloca pzas en carrito con capacidad de 120 pzas	20
TOTAL	206 seg

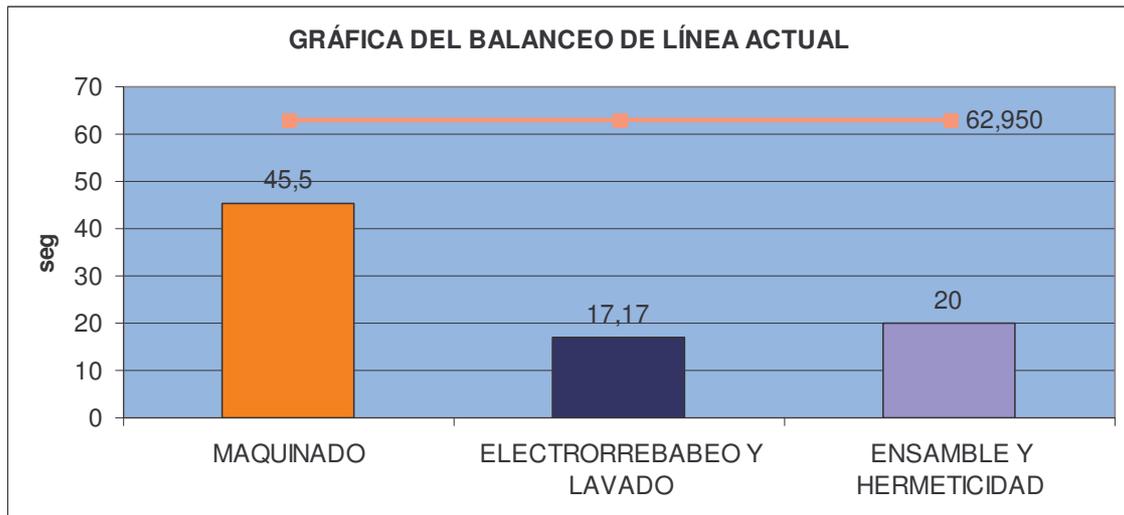
- 1 OPERADOR EN EL PROCESO -

PROCESO	ELEMENTOS DE TRABAJO PARA PROCESAR UNA PIEZA	TIEMPO REPETIBLE MIN (s)
ENSAMBLE Y HERMETICIDAD	Toma pieza de carrito (búfer)	3
	Carga / descarga pieza de estación de ensamble.	3
	Presiona botón de inicio de operación.	1
	Carga / descarga pieza de estación1 de hermeticidad	2
	Presiona botón de inicio de prueba	1
	Inspección de calidad 100%.	6
	Empaca las piezas.	4
TOTAL	20 seg	

La tabla siguiente muestra el tiempo de operación manual por pieza:

	OPERACIONES MANUALES	PIEZAS X CICLO	OPERACIONES MANUALES X PZA	T. TACTO (S)
MAQUINADO	182	4	45.5	62,950
ELECTRORREBABEO Y LAVADO	206	12	17,17	62,950
ENSAMBLE Y HERMETICIDAD	20	1	20	62,950

Gráfica de la distribución de los elementos de trabajo en el proceso actual por operador con respecto al tiempo tacto



CÁLCULO DEL NÚMERO DE OPERADORES PARA PRODUCIR AL TIEMPO TACTO

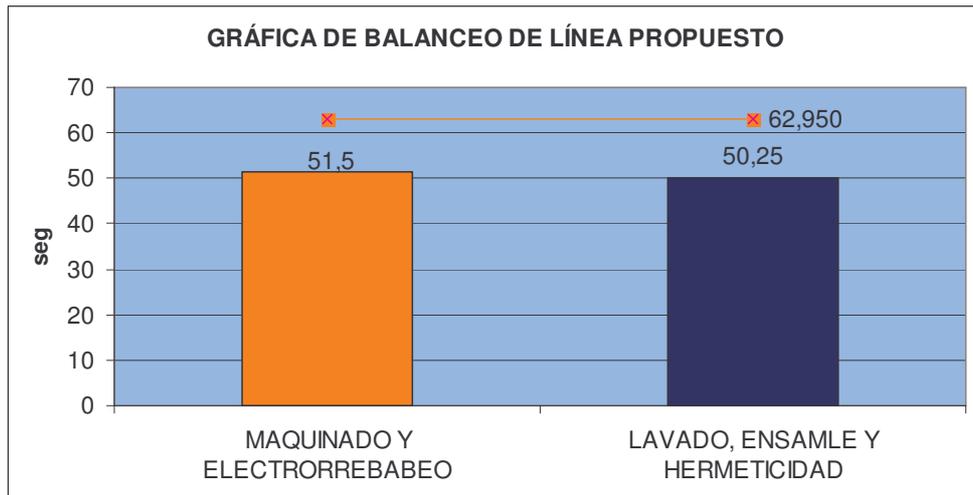
Para realizar el balanceo de línea se calculó el número de operadores necesarios en función del contenido total de trabajo para producir una pieza y del tiempo tacto o tiempo ciclo. Para el cálculo se considera el tiempo ciclo si es menor al tiempo tacto.

Tiempo total del contenido de trabajo = 45.5s + 17.17 s + 20 s = 82.67 seg

$$\text{Número de operadores} = \frac{\text{Total del contenido de trabajo } 82.67 \text{ s}}{\text{Tiempo tacto ó Tiempo ciclo } 57.50 \text{ s}} = 1.43 \text{ operadores}$$

Teóricamente el proceso debe de funcionar con un operador y reducir elementos de trabajo constantemente (desperdicios / actividades innecesarias), sin embargo se decidió manejar el proceso con dos operadores como objetivo no agresivo de la siguiente forma:

	OPERACIONES MANUALES PARA 12 PZAS	OPERACIONES MANUALES X PZA	T. TACTO (S)
MAQUINADO Y ELECTORREBABEO	206	51,5	62,950
LAVADO, ENSAMBLE Y HERMETICIDAD	603	50,25	62,950



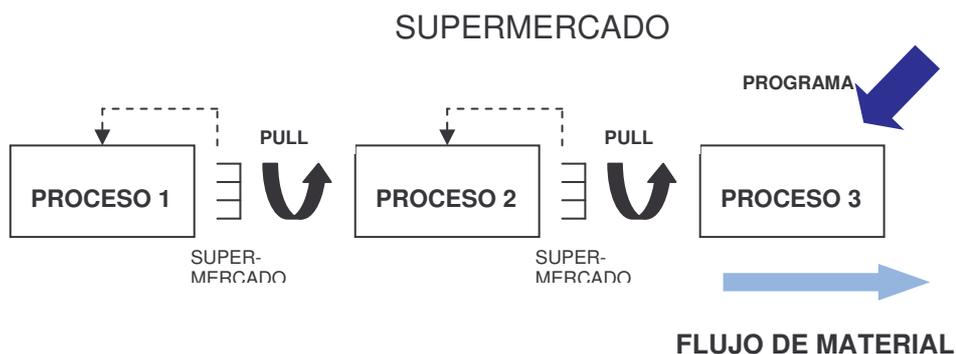
Para realizar el balanceo⁴ mostrado anteriormente se distribuyeron las actividades desarrolladas en el proceso entre 2 operadores en lugar de 3 como estaba diseñado originalmente el proceso.

La idea principal es mejorar el flujo del material, eliminar desperdicios como sopleto excesivo de piezas o tiempos de espera del operador.

Así la idea es que el tercer operador se encuentre de apoyo a la línea y a otras de la misma nave.

IV. VII SEXTA ETAPA DEL PROYECTO: FLUJO CONTINUO DEL MATERIAL Y PRINCIPIO DE PULL EN LA LÍNEA

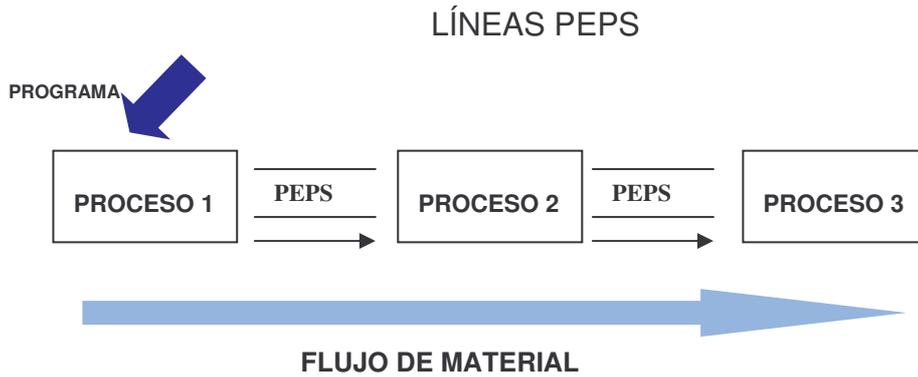
Básicamente existen dos formas de establecer un flujo continuo en una línea de producción: SUPERMERCADOS o líneas PEPS.



Características:

- ✚ Se tiene inventario definido en los supermercados.
- ✚ Se programa al final de la cadena de producción.
- ✚ El proceso anterior repone en el supermercado lo que toma el proceso posterior.
- ✚ Es buena opción cuando las órdenes del cliente son infrecuentes.

⁴ En el anexo D se muestran las Hojas de Operación Estándar con la nueva distribución de los elementos de trabajo.



Características:

- ✚ Sin inventarios en la cadena, sólo lo que almacena la línea.
- ✚ Se programa la producción al inicio de la cadena.
- ✚ Si la línea PEPS está al máximo de capacidad el proceso anterior para.
- ✚ Se tiene alta capacidad y disponibilidad del equipo.
- ✚ Es buena opción cuando las órdenes del cliente son frecuentes.

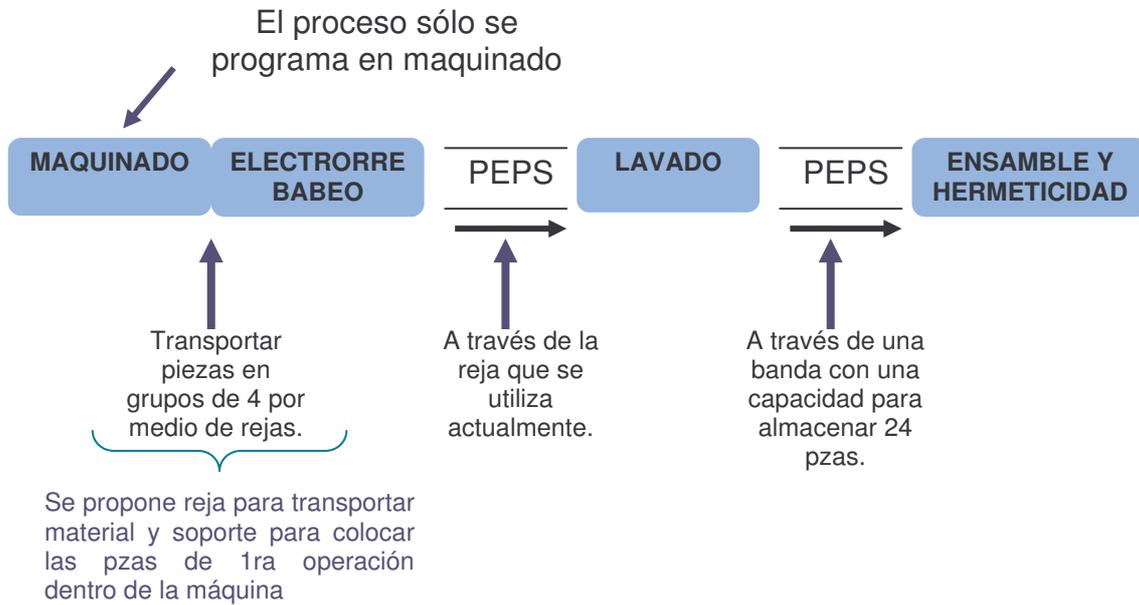
Para el proyecto se decidió establecer líneas PEPS y trabajar en grupos de 12 piezas porque son la cantidad de piezas que pueden ser ingresadas en la lavadora, así que el flujo se muestra a continuación:

MAQUINADO	ELECTRORREBA BEO	LAVADO	ENSAMBLE Y HERMETICIDAD
Piezas procesadas x ciclo	Piezas procesadas x ciclo	Piezas procesadas x ciclo	Piezas procesadas x ciclo
4 pzas	1 pza	12 pzas	2 pzas
Tiempo ciclo	Tiempo ciclo	Tiempo ciclo	Tiempo ciclo
230 seg	20 seg	397 seg	77 seg
Tiempo necesario para procesar 12 pzas 690 seg		Tiempo necesario para procesar 12 pzas 603 seg	

Para el primer caso entre maquinado y electrorrebabeo, sólo se considera el tiempo de maquinado necesario para producir 12 piezas (230s X 3ciclos), porque el electrorrebabeo es considerado como un tiempo interior porque es operado mientras se realiza de manera automática el maquinado.

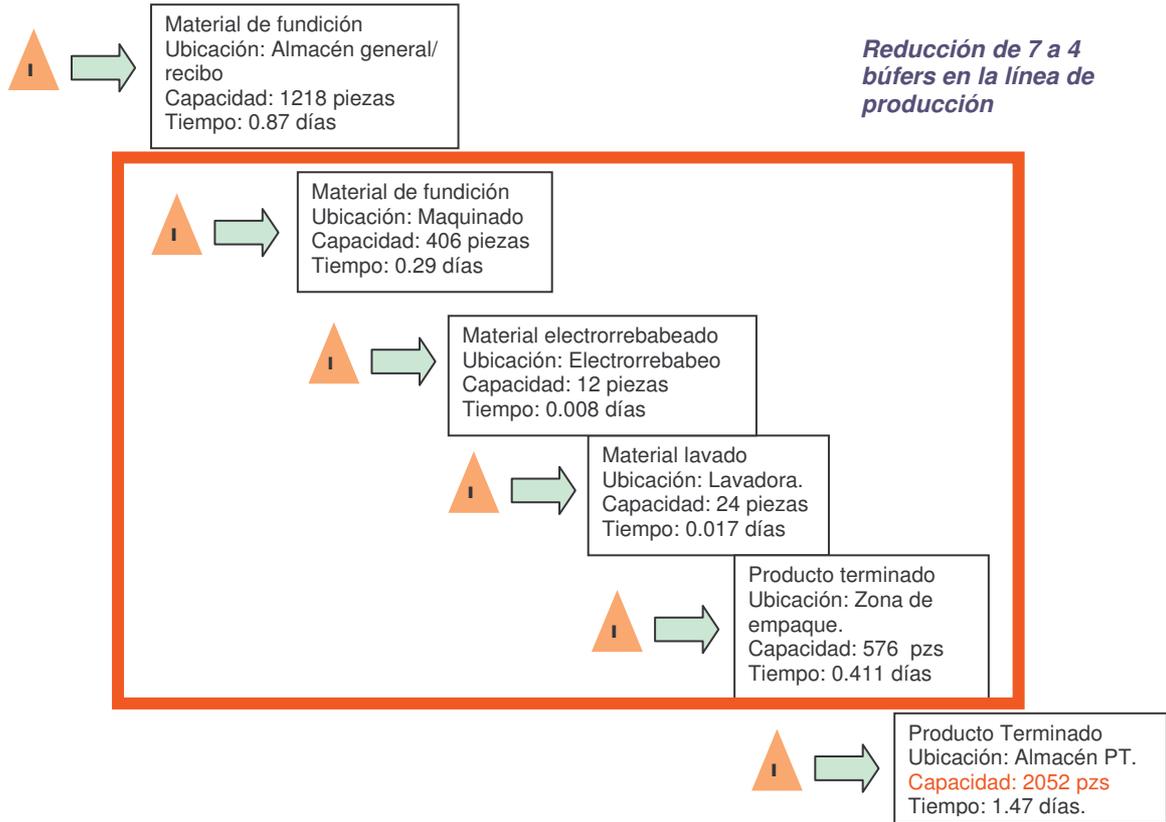
Para el caso de lavado, ensamble y hermeticidad referirse al anexo D donde se muestra a detalle la hoja de operación estándar.

PRINCIPIO DE PULL EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

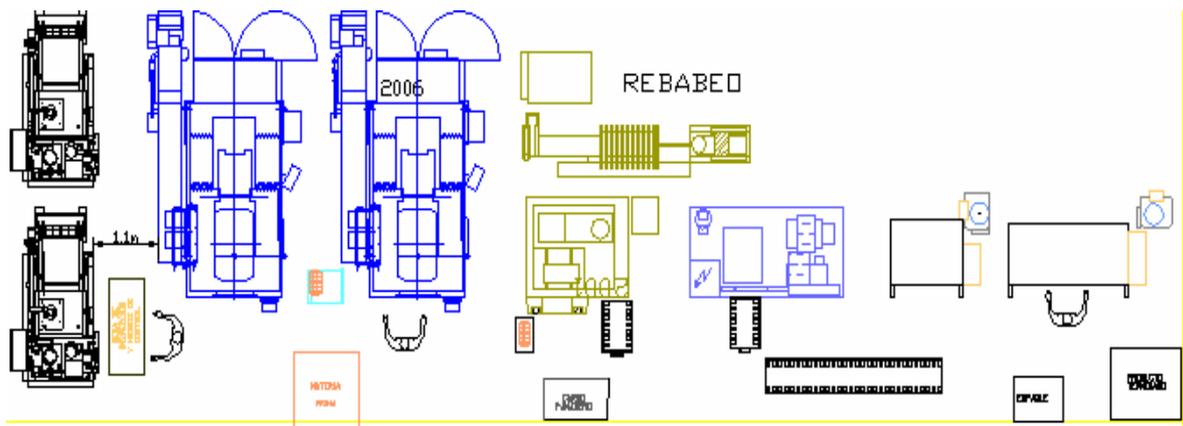


IV.VIII SÉPTIMA ETAPA DEL PROYECTO: DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DE LOS BÚFER Y PROPUESTA DE LAYOUT PARA REORGANIZAR LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Una vez definido el sistema pull y su funcionamiento, el siguiente paso fue definir el tamaño adecuado de los búfer en la cadena. De esta forma:



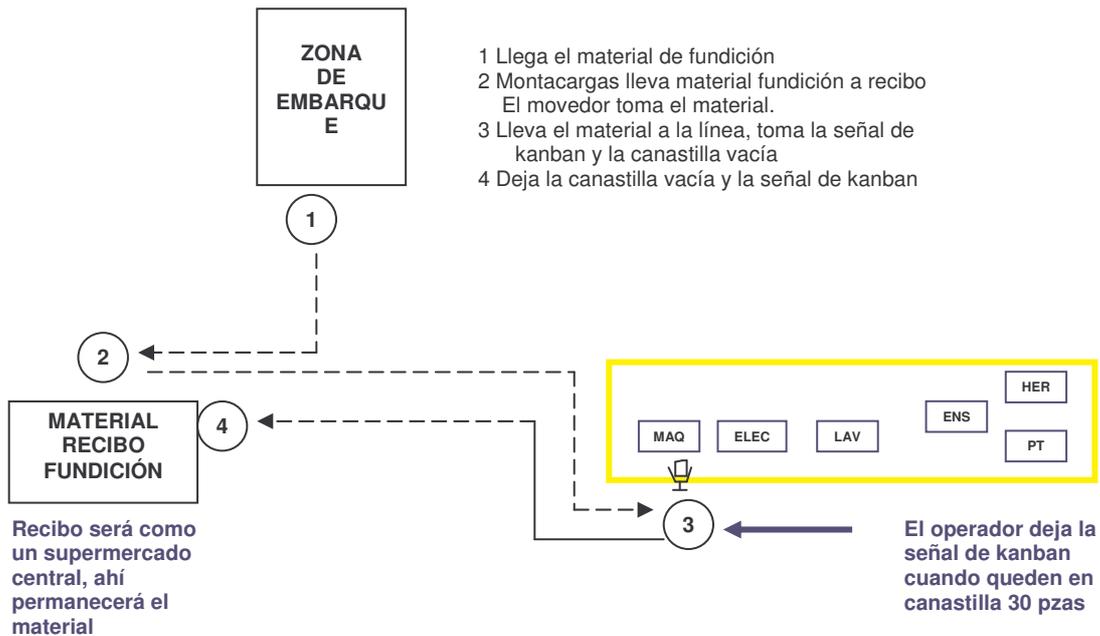
LAYOUT PROPUESTO



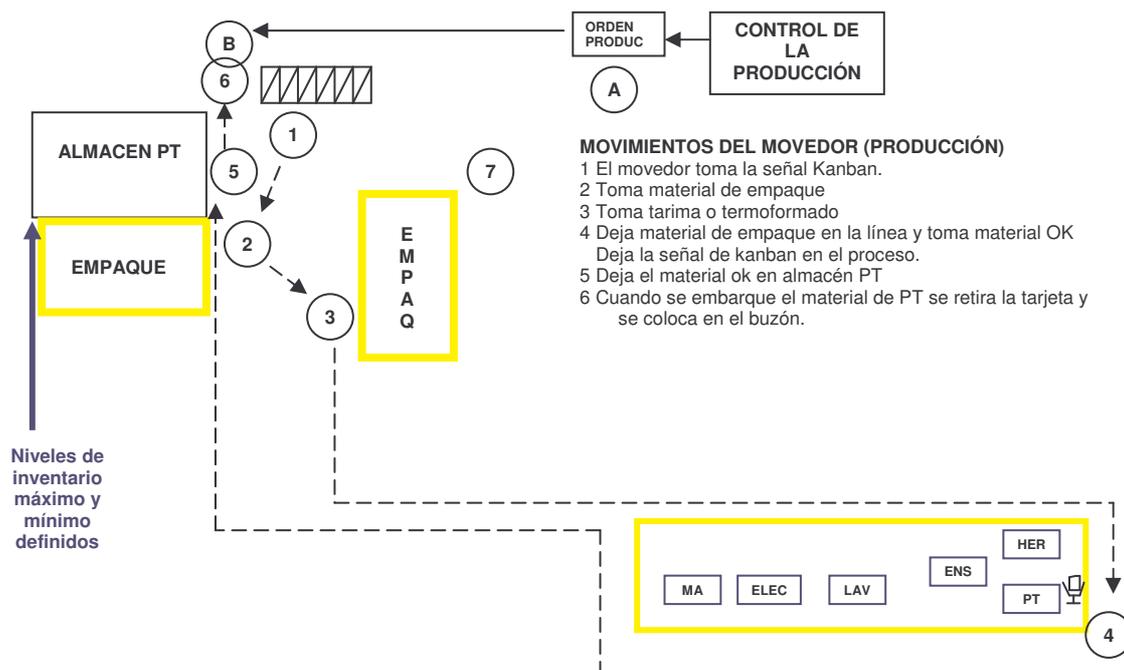
IV.IX OCTAVA PARTE DEL PROYECTO: SUPERMERCADO DE MATERIA PRIMA Y MANEJO DEL PRODUCTO TERMINADO

A continuación se muestra el esquema del manejo de materia prima y de producto terminado como fue definido:

SUPERMERCADO DE MATERIA PRIMA



SISTEMA PULL PARA EL MATERIAL OK



IV.X CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología Lean Manufacturing (***manufactura esbelta***) se enfocó a la detección y reducción de desperdicios en un proceso de producción de la planta a través de la mejora del flujo de material y de información para la reducción de costos y optimización del proceso.

Asimismo se concluyó lo siguiente:

Es posible operar el proceso con un operador menos al efectuar un balance de línea y redistribuir los elementos de trabajo (operaciones manuales), a través de la eliminación de actividades que no agregaran valor al producto (eliminación de desperdicios).

Existe una cantidad de material en proceso excesivo a lo largo de la cadena de valor por lo que fue necesario definir la cantidad de inventario mínimo de material en proceso e implementar el flujo continuo de material a través de la conexión de los procesos de la cadena de valor por medio de líneas PEPS.

Es necesaria la modificación en el layout para facilitar el manejo de material y reducir el número de movimientos por parte del operador.

El manejo e implementación de tarjetas *kanban* para el movimiento de materia prima y producto terminado mejoraría el manejo y flujo del material.

Es necesario un incremento en la capacidad del equipo de maquinado para cubrir con el requerimiento del cliente en los próximos años de vida del producto.

Por lo que se efectuaron las modificaciones necesarias en el proceso y en la línea como se vio anteriormente.

Finalmente, fue evidente que la aplicación de la metodología de Lean Manufacturing permite eficientar y optimizar los procesos a través de la reducción y eliminación de desperdicios y de la mejora del flujo de información y materiales en la cadena de valor.

CAPÍTULO V

APOYO EN LA LIBERACIÓN DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE CON EL PROVEEDOR EN CANADÁ

V.I INTRODUCCIÓN

El control estadístico de proceso (CEP) son un conjunto de herramientas que determinan la habilidad de un proceso, es decir, que el producto procesado esté dentro de las especificaciones del cliente debido a que el equipo/maquinaria utilizados tienen cierto grado de precisión y exactitud (habilidad).

En la liberación de equipo/maquinaria para producción en masa es necesario definir la habilidad que éste debe tener, para predecir el comportamiento a la salida del proceso y reducir la cantidad de piezas o productos defectuosos producidos.

Para ello se utilizan dos índices: cp y cpk:

Por definición:

$$cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad \text{y} \quad cpk = \frac{\Delta}{6\sigma}$$

En donde:

$$\Delta = USL - X' \quad \text{ó} \quad \Delta = X' - LSL$$

X' = media o promedio

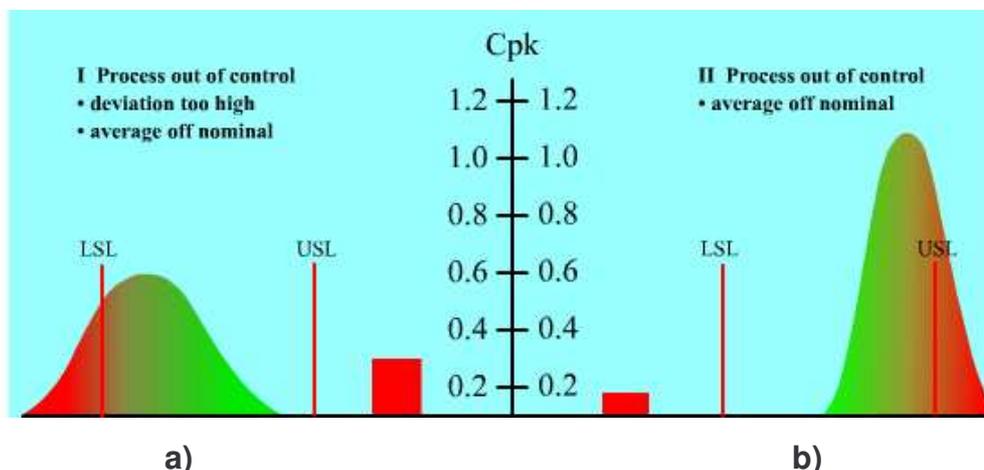
σ = desviación estándar

USL = Límite superior especificado

LSL = Límite inferior especificado

Los límites de control son establecidos por el cliente.

El cp se utiliza cuando el centro de gravedad del rango de especificaciones coincide con la tendencia central de las mediciones del proceso, Es decir, no muestra si “la campana” esta desplazada hacia la derecha o hacia la izquierda. Sin embargo, el cpk considera el desplazamiento de la campana si es que existe.



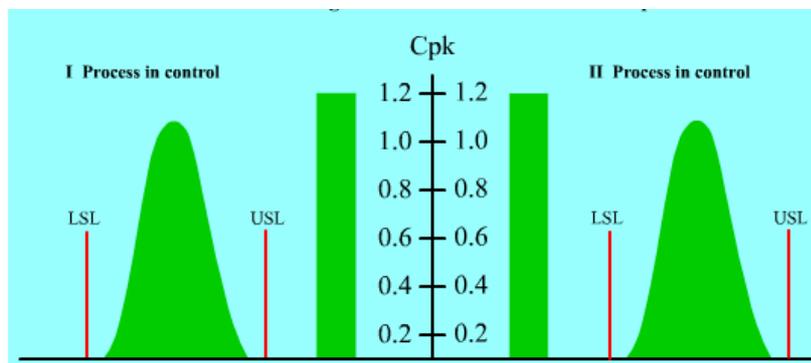
Entre más “espigada” es la campana la habilidad del proceso es mayor ya que indica un alto grado de precisión.

De las gráficas anteriores: $cpk\ a) > cpk\ b)$ porque:

A pesar de que en la gráfica a) los valores se encuentran dispersos con respecto a la medida central, estos están más dispersos dentro de los límites especificados por el cliente.

Sin embargo en la gráfica b), a pesar de que los valores no se encuentran tan dispersos, están cercanos al límite superior o fuera de las especificaciones del cliente.

La gráfica que se muestra a continuación representa un proceso hábil con un cpk de 1.2.



Si $Cpk = 1$, podemos decir que el proceso será capaz de producir 99.73% dentro de especificaciones, es decir, 3 Sigma ó 2700 PPM's.

Si $Cpk = 1.33$ decimos que tenemos 4 Sigma y el proceso será capaz de producir 99.994% de producto dentro de especificaciones, o bien 60 PPM's.

Si $Cpk = 2$, decimos que tenemos 6 Sigma y el proceso será capaz de producir 99.99999% de producto dentro de especificaciones ó 1 PPM.

Para liberar la línea de ensamble se tomaron en cuenta ciertos parámetros que garantizaran una alta productividad dentro del tiempo tacto, la mínima cantidad de scrap y tiempos muertos por fallas en el equipo.

V.II DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE

Por motivos de confidencialidad no se detallará el diseño técnico y funcionamiento de la línea de ensamble por políticas de la empresa y del cliente mismo.

En términos generales, la línea de ensamble consta de 4 estaciones:

- 1ra estación:** Dispositivo para carga de la estación en forma manual.
Ensamble automático de componentes.
- 2da estación:** Dispositivo para la colocación de componentes restantes de la pieza en forma manual.
- 3ra estación:** Ensamble automático de componentes guiados en la 2da estación.
- 4ta estación:** Inspección de calidad de la pieza de forma automática a través del procesamiento de imagen.
Clasificación por modelo y rechazo de piezas por defectos de ensamble o falta de componentes.

En cada estación se ensamblan simultáneamente dos modelos diferentes A y B para la misma pieza (número de parte).

V.III PARÁMETROS PARA LIBERAR LA LÍNEA

Para la liberación del equipo se consideraron los siguientes parámetros:

Tiempo tacto	37.5 seg	
Estándar	96 pzas/hra 48 pzas/hra modelo A 48 pzas/hra modelo B	Estándar = 3600 seg / 37.5 seg
Eficiencia	85 % <i>5% por operador</i> <i>5% por materiales</i> <i>5% mtto. correctivo</i>	96 pzas/hra x 85% = 81.6 pzas /hras 40.8 pzas/hra modelo A 40.8 pzas/hra modelo B
UPTIME	95 %	60 min x 95 % = 57 min Se permite 3 min/hra de PARO en el equipo (5% mantenimiento correctivo)
% de errores en la estación 4	Máximo 1%	
Cpk del proceso	1.33 4σ = 99.994 %	6 piezas de scrap en un total de 100,000 piezas producidas
Tiempo de operación de la línea	3 horas continuas mínimo para liberar la estación	

V.IV DESARROLLO

Los datos y cálculos mostrados a continuación se tomaron directamente durante la corrida de la línea de ensamble para ser liberada.

V.VI TIEMPO CICLO DE LA LÍNEA

Uno de los factores importantes para liberar el equipo fue la toma de tiempos ciclo automático y manual e identificar el cuello de botella.

ENSAMBLE DEL MODELO A

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO CICLO												
NO. DE PARTE XXXX		DESCRIPCIÓN DEL PROCESO							FECHA			
DESCRIPCIÓN AUTOPARTE		ENSAMBLE							20/07/2007			
NO. DE OPE	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	OBSERVACIONES DEL CICLO (SEG)										TIEMPO PROM. (SEG)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	Ensamble automático estación1	37,5	37,0	37,5	37,0	37,0	36,5	37,0	37,5	37,5	37,5	37,20
20	Carga manual estación1	36,0	34,0	34,5	35,0	35,0	36,0	34,0	34,5	36,0	36,0	35,10
30	Colocación manual de componenetes es	28,0	26,0	30,0	27,0	28,0	30,0	31,0	27,0	28,0	30,0	28,50
40	Ensamble automático estación 3	30,0	31,0	30,0	29,0	30,0	29,0	31,0	30,0	29,0	30,0	29,90
50	Inspección automática estación 4	38,0	40,0	38,5	39,0	39,0	38,0	39,0	37,5	37,5	39,0	38,55

ENSAMBLE DEL MODELO B

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO CICLO												
NO. DE PARTE XXXX		DESCRIPCIÓN DEL PROCESO							FECHA			
DESCRIPCIÓN AUTOPARTE		ENSAMBLE							20/07/2007			
NO. DE OPE	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	OBSERVACIONES DEL CICLO (SEG)										TIEMPO PROM. (SEG)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	Ensamble automático estación1	35,0	35,5	35,5	36,0	35,0	35,0	36,5	36,0	35,5	35,5	35,55
20	Carga manual estación1	32,0	33,0	30,0	32,0	32,0	30,0	33,0	32,0	32,0	30,0	31,60
30	Colocación manual de componenetes es	25,0	28,0	27,0	27,0	28,0	25,0	28,0	27,0	27,5	28,0	27,05
40	Ensamble automático estación 3	25,0	26,0	25,0	26,5	25,0	27,0	26,5	25,0	26,0	26,5	25,85
50	Inspección automática estación 4	38,0	38,5	38,5	40,0	40,0	38,5	38,5	38,0	40,0	38,5	38,85

El *cuello de botella* para ambos modelos A y B se encuentra en la estación No.4, sin embargo en el diseño de la línea, el *cuello de botella* queda en la estación 1.

V.VII ESTÁNDAR DE PRODUCCIÓN

El **estándar** es la capacidad que tiene un equipo o máquina para producir en un determinado tiempo una cantidad determinada de piezas. En el caso de la liberación de la línea el estándar se consideró como la cantidad de piezas ensambladas por hora.

	MODELO A		MODELO B	
	PIEZAS OK	PIEZAS NOK	PIEZAS OK	PIEZAS NOK
1ra hora	30	6	34	4
2da hora	34	2	36	2
3ra hora	28	2	32	2
SUBTOTAL	92	10	102	8
PROMEDIO POR HRA	34		37	
TOTAL	212			

La **eficiencia** es la proporción de piezas producidas (OK y NOK) con respecto a la cantidad de piezas que pueden producirse de acuerdo a la capacidad del equipo o máquina.

Cálculo de la eficiencia

$$(96 \text{ pzas} / \text{hra}) \times 3 \text{ hras} = 288 \text{ piezas}$$

$$\text{Eficiencia} = (212 \text{ piezas} / 288 \text{ piezas}) \times 100 = 73.61 \%$$

V.VIII ANÁLISIS DEL SCRAP (PIEZAS NOK)

El scrap son las piezas de producto en proceso (*WIP – work in progress*) o terminado que se rechazan por no cumplir con las especificaciones del cliente.

Las piezas rechazadas fueron analizadas y se determinó el motivo de rechazo en la estación 4 de inspección de calidad:

MODELO A		MODELO B	
PIEZAS RECHAZADAS	CAUSA RAÍZ	PIEZAS RECHAZADAS	CAUSA RAÍZ
7	Falta de componentes / mal ensamble	6	Falta de componentes / mal ensamble
3	Ensamble correcto / error de la estación 4	2	Ensamble correcto / error de la estación 4

Total de piezas OK que no debieron ser rechazadas por la estación 4 (modelos A y B) = 5 piezas

Total de piezas producidas = 212 piezas

$$\% \text{ de errores est 4} = (5 \times 100\%) / 212 = 2.36 \%$$

V.IX ANÁLISIS DEL TIEMPO MUERTO

Se consideró el Tiempo Muerto No Planeado. En base a este se determinó el % de (UPTIME) de la línea de ensamble.

	MODELO A minutos	UTILIZACIÓN %	MODELO B minutos	UTILIZACIÓN %	TIEMPO MUERTO
1ra hora	15	75,00	12,5	79,17	27,5
2da hora	15	75,00	12,5	79,17	27,5
3ra hora	22,5	62,50	17,5	70,83	40
PROM		70,83		76,39	

V.X CONCLUSIONES

A continuación se muestra una tabla comparativa con los resultados obtenidos:

DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	RESULTADO
Tiempo tacto	37.5 seg	38.85 seg (TC más alto 4ta estación)
Estándar	96 pzas/hra 48 pzas/hra modelo A 48 pzas/hra modelo B	73 pzas/hra 34 pzas/hra modelo A 37 pzas/hra modelo b
Eficiencia	85 %	73.61 %
UPTIME	95 %	70.83 % modelo A 76.39 % modelo B
% de errores en la estación 4	≤ 1%	2.36 %
Cpk del proceso	6 / 100,000 = 0.00006 pzas de scrap	18 / 212 = 0.0849 pzas de scrap
Tiempo de operación de la línea	3 horas continuas mínimo para liberar la estación	3 horas no continuas

Los tiempos ciclos más grandes se registraron en:

Inspección automática estación 4 para ambos modelos. Sin embargo, de acuerdo al proveedor este tiempo se debe a una pequeña falla en la cuarta estación que el proveedor reparará disminuyendo el tiempo hasta 34 segundos

aproximadamente. De esta manera el cuello de botella sería la estación 1 como estaba planeado:

Tiempo ciclo < Tiempo tacto

Por lo tanto, el equipo puede ser capaz de operar al tiempo tacto.

Sin embargo en lo que respecta a los puntos restantes: estándar, eficiencia, mantenimiento correctivo, % de errores en la estación 4 y cpk del proceso, como se observa en la tabla comparativa, **NO ES POSIBLE LIBERAR LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.**

Esta decisión fue tomada por el equipo de trabajo de ingenieros de Bocar y se determinaron puntos importantes a solucionar en la línea de ensamble por parte del proveedor para liberar la línea de ensamble; otorgándose al proveedor un periodo de tiempo para solucionar los problemas y lograr los objetivos establecidos para liberar la línea de ensamble.

CAPÍTULO VI

CONOCIMIENTO Y OPERACIÓN DE EQUIPO CNC

VI.I INTRODUCCIÓN

Una de las partes fundamentales de mi etapa como ingeniero en entrenamiento fue la capacitación en el área de producción para conocer: productos, procesos y centros de maquinado de la planta.

En general, el primer proceso dentro de la cadena de valor de cualquier producto fabricado en la planta es el maquinado de las piezas de fundición en aluminio o zamac.

El maquinado se realiza de manera automática en máquinas CNC las cuales varían en función de la pieza (dimensiones) a procesar.

La pieza generalmente es cargada / descargada de manera manual, y colocada dentro de la máquina en una posición definida sobre un dispositivo hidráulico de maquinado. La posición de la pieza determina el tipo de operación (1ra, 2da ó 3ra sujeción). El número de sujeciones está en función de las posiciones necesarias para maquinar la pieza.

Dentro de los centros de maquinado se encuentran las herramientas de corte. La cantidad de herramientas almacenadas está en función del modelo del equipo.

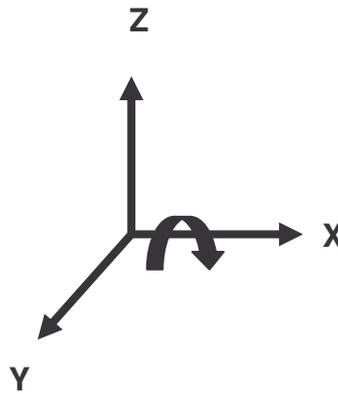
En algunos casos las máquinas utilizadas son dedicadas, es decir, no se realiza cambio de dispositivo y herramientas para producir un producto o modelo diferente. En este caso el producto o modelo presenta un volumen alto de requisición por parte del cliente.

A continuación describo algunos aspectos generales de los centros de maquinado en los cuales adquirí experiencia por medio de la operación de los mismos.

VI.II EJES COORDENADOS DE UN CENTRO DE MAQUINADO

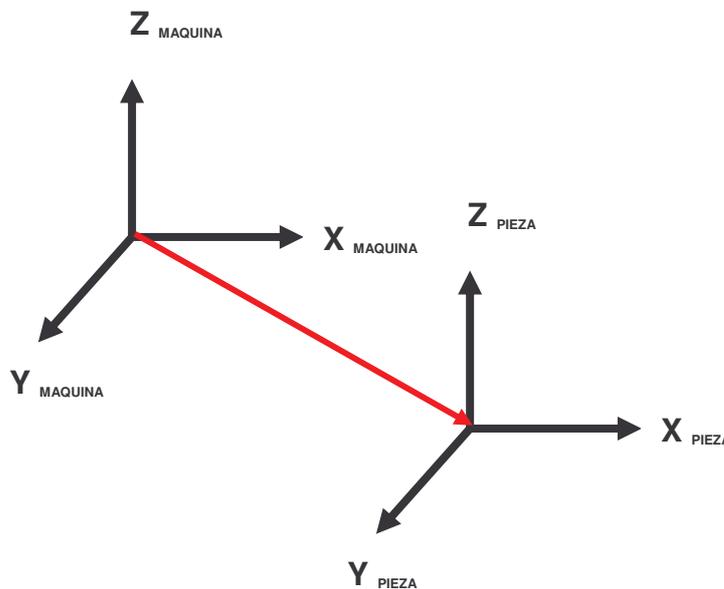
En producción se emplean comúnmente centros de maquinado CNC de 4 ejes:

1er eje:	X
2do eje:	Y
3er eje:	Z
4to eje:	Rotación con respecto al eje X



Sistema de ejes coordenados en un centro de maquinado.

El centro de maquinado tiene un origen o un cero, pero además se define un segundo origen sobre la pieza a maquinarse, la cual se encuentra sobre la mesa de trabajo, el llamado "cero pieza". Es decir, se tienen dos sistemas coordenados:



En la programación de los ciclos de trabajo del centro de maquinado, lo conveniente es utilizar el cero pieza para referenciar los movimientos de la máquina.

Lo anterior se efectúa obteniendo las distancias del cero máquina al cero pieza para cada eje. Esto se realiza colocando un instrumento de medición en el husillo de la máquina y tomando la medida del panel de control cada vez que se ha centrado la posición del mismo. Las lecturas obtenidas se cargan en un programa para que la máquina identifique la posición espacial de referencia.

En el caso de algunos centros de maquinado CNC, el husillo se desplaza en dirección de los 3 ejes del plano cartesiano (3 grados de libertad).

El cuarto eje se implementa a través de un motor que por medio de una transmisión proporciona el par requerido al dispositivo de sujeción hidráulica para girar con respecto al eje X (4to eje). Sobre este dispositivo se coloca la pieza a maquinar.

Sin embargo, aunque no se profundizará, es importante señalar que cada fabricante de máquinas tiene un diseño diferente en cuanto a la selección del movimiento de los ejes, es decir si se mueve el husillo o se mueve la mesa de trabajo.

VI.III COLOCACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE

Las herramientas de corte se colocan dentro del centro de maquinado CNC, básicamente se utilizan dos configuraciones para colocar las herramientas de acuerdo al proveedor en cuestión:

- 1) Las herramientas viajan con el husillo (magazín, fig 1).
- 2) Las herramientas se encuentran en un almacén interno de la máquina en una cadena (ketten).



Fig 1

Cuando las herramientas viajan con el husillo en el magazín, los cambios de herramienta son muy rápidos, porque se puede efectuar el cambio en cualquier punto donde se encuentre el husillo. E incluso lo ideal es efectuar cambios de herramientas que se encuentran a 180° en el magazín para retirar y colocar la herramienta simultáneamente.

Sin embargo en este caso, es común que las herramientas se llenen de rebabas, lo que provoca:

- ✚ Suciedad por acumulamiento de rebaba.
- ✚ Maquinados inexactos si la rebaba impide que el cono donde se encuentra la herramienta asiente correctamente.

Por otro lado, cuando las herramientas se encuentran en un almacén se evitan los problemas anteriores pero los cambios de herramienta no son muy rápidos.

Sin embargo, existen fabricantes de centros de maquinado CNC en los cuales las herramientas se colocan en el husillo tipo revolver.

VI.IV ÁREA DE TRABAJO

Las dimensiones del área de trabajo dependerán del tamaño de la pieza a maquinar y definirán el tipo de modelo de máquina a utilizar.

Así los diferentes modelos de los centros de maquinado están en función de las dimensiones del área de trabajo. A continuación se muestra una tabla que contiene los modelos de diferentes centros de maquinado de un fabricante:

SERIE/MODELO	MIN (x,y,z) mm	MAX(x,y,z) mm
08	300-250-250	450-270-310
12	550-300-360	550-400-425
15	550-400-360	550-400- 425
18	630-400-400	8.000-520-630
28	2.000-630-630	8.000-630-800

Cuando se trata de producir en serie para cubrir el requerimiento del cliente se necesita colocar la pieza de manera rápida en la zona de trabajo. Para este fin se utilizan dispositivos de maquinado de sujeción hidráulica. Estos generalmente trabajan con una presión entre 100 bar y 150 bar.

VI.V TIPOS DE CENTRO DE MAQUINADO

CENTROS DE MAQUINADO “S” (STARTISCH – MESA FIJA)

Tienen una sola mesa de trabajo en la cual generalmente se coloca un dispositivo de maquinado. El tiempo ciclo está compuesto por:

$$TC = \text{Tiempo ciclo automático} + \text{Tiempo carga / descarga}$$



Centro de maquinado de tipo “S”

CENTROS DE MAQUINADO “L” (LANGBETT – CAMA LARGA)

Tiene una sola mesa de trabajo larga, se puede utilizar la mesa atodo el largo de la misma (para pieza de dimensiones grandes) o colocar dos dispositivos de maquinado iguales o diferentes para permitir a la maquina trabajar en un lado mientras se cargan piezas en el otro, asemejando así su funcionamiento a una máquina “W” (definida posteriormente). El tiempo ciclo está formado por:

$$TC = \text{Tiempo ciclo automático} + \text{Tiempo carga / descarga};$$

si hay un dispositivo a lo largo de la mesa.

$$TC = \text{Tiempo ciclo automático (dispositivo 1)} + \text{Tiempo ciclo automático (dispositivo 2)} + \text{desplazamiento entre lado izq – der (2x)};$$

si hay dos dispositivos en la mesa.

CENTROS DE MAQUINADO “W” (WECHSELTISCH – MESA QUE CAMBIA)

Para el caso de centros de maquinado W, la mesa de trabajo tiene dos dispositivos de maquinado. A continuación se muestra un ejemplo de máquina tipo W:



En este caso, el tiempo ciclo es el siguiente:

$$TC = \text{Tiempo ciclo automático mesa 1} + \text{Tiempo ciclo automático mesa 2} + \text{Giro de mesa (2x)};$$

Los tiempos de carga / descarga son *interiores*.

VI.VI OPERACIÓN DE CENTROS DE MAQUINADO CNC

En cuanto a la operación de máquinas CNC consistió en:

- ✚ Identificación del tipo de máquina y el área de trabajo (S, L, W).
- ✚ Conocimiento de los dispositivos de maquinado para colocar correctamente las piezas.
- ✚ Identificación del número de operaciones necesarias para maquinar las piezas de fundición de aluminio.
- ✚ Ubicación del panel de control, interruptor principal y paro de emergencia.

En cuanto al producto:

- ✚ Conocer el producto maquinado, funcionamiento la pieza en el motor del vehículo, así como el modelo del mismo.
- ✚ Realización de retrabajos en las piezas (rebabeos, avellanados, etc.).
- ✚ Realización del autocontrol para garantizar la calidad del producto.
- ✚ Manejo de instrumentos de control para realizar el autocontrol.
- ✚ Interpretación de HP II (Hoja de Proceso e Instrucción de Inspección) o Plan de Control para efectuar el autocontrol correctamente.
- ✚ Interpretación de los resultados del autocontrol para detección de piezas fuera de especificación.

Un autocontrol es una herramienta de Control Estadístico de Proceso (CEP), en el cual se verifican algunas características del producto con instrumentos de control (gauges, flush pin, calibradores, etc.,) en un intervalo de tiempo definido para determinar el comportamiento de dichas características del producto y garantizar que no se encuentren fuera de los límites de control especificados por el cliente.

VI.VII CONCLUSIONES

Para determinar el equipo adecuado para maquinar una pieza en un centro de maquinado CNC es importante conocer las características, el funcionamiento y operación de los diferentes modelos de centros de maquinado comerciales, así como las características del producto.

Generalmente, las dimensiones de la pieza a maquinar determinarán el modelo del centro de maquinado.

Otra característica a conocer es el número de operaciones necesarias para efectuar el maquinado del producto así como las sujeciones necesarias por medio de un dispositivo de sujeción hidráulica fijado a un cuarto eje del centro de maquinado.

Asimismo la cantidad de herramientas de corte y su ubicación dentro del centro de maquinado.

Durante la capacitación de operación de equipo CNC en el área de producción, además de adquirir conocimiento en lo mencionado anteriormente, se adquirió habilidad y experiencia para operar estos equipos y detectar alarmas oportunamente, así como defectos en las piezas maquinadas mediante la verificación de la calidad del producto y la realización de *autocontroles* para llevar un control estadístico de proceso.

VIII. ANEXOS

ANEXO A

Resultado del dimensional de dos etiquetas (OK y NOK) del código de barras 39:

ETIQUETA NG ANCHO(mm)		ETIQUETA OK ANCHO (mm)	
DELGADA	ANCHA	DELGADA	ANCHA
0.1320	0.6510	0.2395	0.6465
0.2020	0.5875	0.2510	0.6070
0.2480	0.6030	0.2730	0.6215
0.2890	0.5895	0.2800	0.6180
0.2995	0.6585	0.2825	0.6520
0.1930	0.5975	0.2290	0.6235
0.2905	0.6030	0.2730	0.6175
0.2755	0.6010	0.2725	0.6160
0.2250	0.6650	0.2350	0.6785
0.2095	0.6010	0.2355	0.6310
0.2845	0.5935	0.2815	0.6205
0.2785	0.6440	0.2610	0.6525
0.2095	0.5820	0.2355	0.6235
0.2835	0.6305	0.2695	0.6625
0.2330	0.6180	0.2555	0.6230
0.2705	0.5960	0.2600	0.6140
0.1760	0.6430	0.2410	0.6685
0.2740	0.5925	0.2700	0.6065
0.2700	0.5940	0.2735	0.6205
0.2280	0.6665	0.2430	0.6645
0.2895	0.6000	0.2745	0.6125
0.2085	0.6085	0.2250	0.6035
0.2910	0.6010	0.2835	0.6305
0.2060	0.6440	0.2205	0.6255
0.6605	0.5900	0.2255	0.6505
0.2225	0.6695	0.2815	0.6490
0.2805	0.6055	0.2730	0.6345
0.2730	0.6090	0.2660	0.6075
0.2660	0.6145	0.2745	0.6340
0.2435	0.6545	0.2375	0.6440
0.2250	0.6130	0.2370	0.6310
0.2870	0.6085	0.2715	0.6640
0.2120		0.2405	0.6275
0.2735		0.2720	0.6270
0.3015		0.2705	
0.2155		0.2380	
0.2755		0.2635	
0.2375		0.2735	
0.2615		0.2815	
0.2775		0.2335	

0.2210			0.2770	
0.2840			0.2385	
0.2200			0.2705	
0.2770			0.2295	
0.2375			0.2790	
0.2780			0.2660	
0.2765			0.2400	
0.2405			0.2780	
0.2720			0.2455	
0.2320			0.2795	
0.2610			0.2155	
0.2165			0.2780	
0.2630			0.2295	
0.2855			0.2850	
0.2180			0.2685	
0.2840			0.2735	
0.2060			0.2385	
0.2760			0.2765	
0.2430			0.2290	
0.2565			0.2750	
0.3390			0.2355	
0.1245			0.2760	
0.1435			0.2265	
0.2955			0.2805	
0.2170			0.2395	
0.2600			0.2700	
0.2255			0.2865	
0.2790			0.2360	
0.2180			0.2640	
0.2725			0.2435	
0.2700			0.2625	
0.2285			0.2630	
0.2715			0.2365	
0.2300			0.2680	
0.2675			0.2485	
0.2385			0.2725	
0.2725			0.2250	
0.2260			0.2420	
0.2550			0.2670	
0.2640			0.2635	
0.2370			0.2720	
0.2210			0.2295	
0.2580				
0.2635				
0.2805				
0.2315				
0.2537	0.6167	PROMEDIO	0.2571	0.6326
	2.4311	ancha/delgada	2.4602	

ANEXO B

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> HOJA DE REVISION DE ORDEN, LIMPIEZA Y SEGURIDAD 5 "S" </div>							
Fecha: 09/07/2007		Auditado por: M Velasco / M Rios			Equipo: XXXXXXXX		
#	Artículo	Ordenar por Utilidad (<input type="checkbox"/> =No, <input checked="" type="checkbox"/> = Sí)	Acomodar, Organizar (<input type="checkbox"/> =No, <input checked="" type="checkbox"/> = Sí)	Barrer, Limpiar, Programar (<input type="checkbox"/> =No, <input checked="" type="checkbox"/> = Sí)	Seguridad (<input type="checkbox"/> =No, <input checked="" type="checkbox"/> = Sí)	Totales	
1	Piso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ¿Piso Marcado y Utilización Clara?	<input type="checkbox"/> ¿Libre de Suciedad, Derrames, Grasa y Desechos?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Sin obstrucciones, objetos puntiagudos ni riesgos de tropiezo?	<input type="checkbox"/> 1	
2	Partes y Contenedores de Partes	¿Se Usan Todos?	<input type="checkbox"/> ¿Lugar Fijo y Todos en el Lugar Marcado?	<input type="checkbox"/> ¿Sin Daños, Libre de Suciedad y Desechos?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Sin riesgos de tropiezo ni objetos puntiagudos?	<input type="checkbox"/> 1	
3	Repisas	¿Se Usan Todos?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Lugar Fijo y Todos en el Lugar Marcado?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Sin Daños, Libre de Suciedad y Desechos?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Se usan procedimientos adecuados de apilado; no hay cantos afilados?	<input checked="" type="checkbox"/> 4	
4	Maquinaria y Equipo Fijo	¿Se Usan Todos?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Maquinaria Etiquetada; Lugar Fijo y Marcado?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Limpio y Libre de Desorden?	<input type="checkbox"/> ¿Guardas en su lugar, mangueras bien, llave y etiqueta usadas, sin cantos puntiagudos ni puntos de punción?	<input checked="" type="checkbox"/> 3	
5	Herramientas, Medidores y Otros Instrumentos	¿Se Usan Todos?	<input type="checkbox"/> ¿Lugar y uso claramente etiquetado, todos en el lugar designado?	<input type="checkbox"/> ¿Limpio y Libre de Desorden?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Sin Daños y Seguros?	<input checked="" type="checkbox"/> 2	
6	Bancos de Trabajo Y Gabinetes	¿Se Usan Todos?	<input type="checkbox"/> ¿Lugar fijo, contenido etiquetado y apariencia ordenada?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Limpio y Libre de Desorden y Desechos?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Sin riesgos de tropiezo ni cantos puntiagudos?	<input checked="" type="checkbox"/> 3	
7	Luces y Abanicos	¿Se Usan Todos?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Lugar Adecuado?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Luces Limpias y Areas Iluminadas?	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Luces adecuadas y abanicos con guardas?	<input checked="" type="checkbox"/> 4	

8	Cableado y Tubería, Cables y Tomacorrientes	¿Se Usan Todos?	<input type="checkbox"/>	¿Cableado y Tuberías Etiquetadas?	<input type="checkbox"/>	¿Todos Limpios, Sin Daños ni Suelos?	<input type="checkbox"/>	¿Protectores de falla y cableado adecuado y seguro?	<input type="checkbox"/>	0
9	Tableros, Letreros y Gráficas	¿Todos Actualizados y Necesarios?	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Todos tienen lugar designado, apariencia ordenada y limpia?	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Sin Suciedad, Arrugas ni Rasgados?	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	3
10	Guías de Operador, Gráficas y Procedimientos de Certificación	¿Todos Actualizados y Necesarios?	<input type="checkbox"/>	¿Todos tienen lugar designado, apariencia ordenada y limpia?	<input type="checkbox"/>	¿Sin Suciedad, Arrugas ni Rasgados?	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1
11	Prácticas de Manejo de Material	¿Se Usan Todos?	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	¿Levantamiento adecuado, operación correcta de montacargas y grúa?	<input checked="" type="checkbox"/>	2
12	Equipo de Manejo de Material	¿Se Usan Todos?	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Equipo y escaleras debidamente guardados?	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Inspecciones Programadas?	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Grúas altas, escaleras, bandas y pistas bien?	<input checked="" type="checkbox"/>	4
13	Cajas de Panel	¿Se Usan Todos?	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Debidamente Etiquetados?	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Limpias y Debidamente Sostenidas?	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Cerradas y con Seguro?	<input checked="" type="checkbox"/>	4
14	Equipo de Seguridad	¿Se Usan Todos?	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Debidamente Etiquetados y Guardados?	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	¿Se usan lentes, zapatos, guantes? ¿Ropa holgada/insegura?	<input type="checkbox"/>	2
15	Botellas y Contenedores	¿Todos Actualizados y Necesarios?	<input type="checkbox"/>	¿Debidamente Etiquetados y Guardados?	<input type="checkbox"/>	¿Programa y Método de Limpieza/Desecho?	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Material peligroso y medidas adecuadas identificados?	<input checked="" type="checkbox"/>	2
16	Instalaciones: Estaciones de Enjuague de Ojos, Puertas de Salida y Extintores de Incendios		<input checked="" type="checkbox"/>	¿Lugar Fijo y Todos en el Lugar Marcado?	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpias y con Inspecciones Programadas?	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Sin peligros en el techo, puertas despejadas, equipo de seguridad bien?	<input checked="" type="checkbox"/>	3

17	Prácticas y Equipo de Reparación Mayor	¿Se Usan Todos? <input checked="" type="checkbox"/>	¿Todos tienen lugar designado, apariencia ordenada y limpia? <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Se usan bloques de molde, letreros, conos, advertencias? <input checked="" type="checkbox"/>	3
TOTALES:		9	10	12	11	42
		15	16	14	15	60

ANEXO C

ICONOS UTILIZADOS PARA REPRESENTAR UNA CADENA DE VALOR

1) El cliente, la fábrica, o el proveedor:



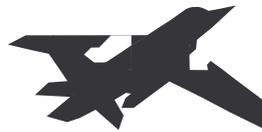
2) Proceso para transformar el producto.



3) Punto de inventario o búfer de almacenamiento.



4) Transporte terrestre, aéreo o marítimo.



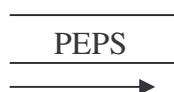
5) Flujo de información electrónica y no electrónica



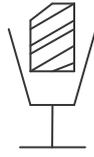
6) Producción de partes que no necesita el cliente y que tienen que ser almacenadas necesariamente "push".



7) Banda de PEPS: Primeras Entradas – Primeras Salidas.



8) Poste Kanban: Poste para depositar tarjetas Kanban.



Para el siguiente caso se omiten las barras por ser demasiado extenso.

LAVADO, ENSAMBLE Y PRUEBA DE HERMETICIDAD					
No.	ACTIVIDAD	Símbolo	Δt Man.	Δt Auto.	Δt Desp.
100 a 140					
1	Transporta reja con 12 pzas a la lavadora		7		
2	Carga / descarga de lavadora		17		
3	Presiona botón (1X) de confirmación		3		
4	Lavado automático (12x)			370	
3	Transporta reja a banda		3		
4	Descarga reja y sopletea pza a pza		60		
6	Desplazamiento a estación de ensamble				5
7	Toma pieza lavada de banda (12x)		60		
8	Carga / descarga pieza de estación de ensamble (12x)		60		
9	Presiona botón de inicio de operación. (12x)		24		
10	Ensamble automático (12x)			252	
11	Desplazamiento a la estación de hermeticidad (12x)				60
12	Carga / descarga pieza de estación de hermeticidad (12x)		60		
13	Presiona botón de inicio de prueba (12x)		24		
14	Prueba automática de hermeticidad (2x)			276	
15	Inspección de calidad 100%	⇒	120		
16	Empaca las piezas. (12x)		120		
17	Preparación de empaque cada 24 ó 18 pzas		45		
			603		