

CAPÍTULO 3: LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN ACTUALES.

3.1. Control de procesos.

La empresa muestrea sus procesos de forma aleatoria; además, solo documenta en registros escritos dichas lecturas. La forma de que la compañía vigila sus procesos es cuidar que las observaciones tomadas estén dentro del rango de especificación de la variable a controlar. Sin embargo, esta forma de documentación y vigilancia de procesos no muestra claramente un control adecuado de los procesos. Por lo anterior, se propuso utilizar gráficas de control para el control de los procesos.

El control de procesos llevado a cabo fue mediante gráficas de control pues estos son un dispositivo de vigilancia o registro de alguna variable a controlar (Montgomery, 1991). Las gráficas fueron generadas por variables; es decir, se analiza cuantitativamente una variable específica; además, dichas gráficas de control se crearon a partir de los datos históricos de las operaciones de la empresa. Lo anterior, para determinar los procesos que ocasionan problemas y así rediseñarlos.

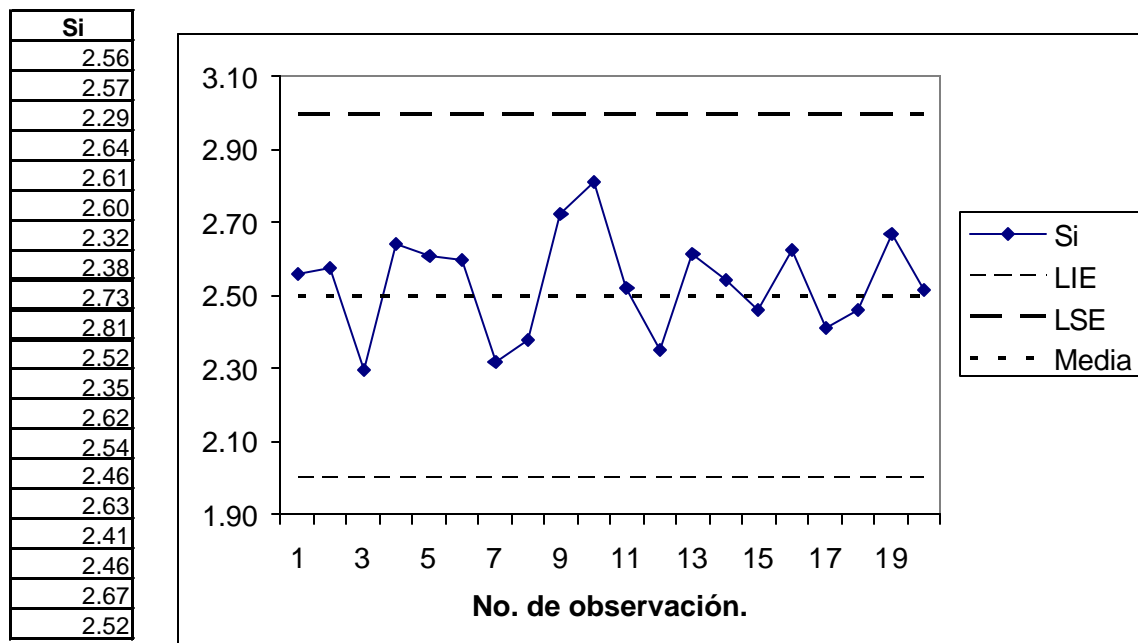
Las variables a controlar en las gráficas son la composición del metal a vaciar así como la humedad de arena para moldeo. Lo anterior se debe a que si se tiene un control adecuado con respecto a la composición del metal a colar así como de la humedad del molde se tiene garantizada la calidad de las piezas fundidas (Capello, 1986).

Con respecto a la composición del metal a colar, ésta se encuentra conformada por diversos elementos y dado que son tres metales (Hierro gris, Aluminio y Bronce), se analizaron diversas variables en cuanto a distintas especificaciones o normas que tienen que cumplir dichas variables. En piezas de hierro gris, las variables a controlar son, en porcentaje, Carbono Total (CT), Silicio (Si) y Manganeso (Mn). Por otro lado, en torno a

la fundición de Aluminio solo se cuida el porcentaje de Silicio (Si) y Hierro (Fe) presente en el metal a colar. En cuanto a la fundición de Bronce, se atiende al porcentaje de Aluminio (Al) y de Estaño (Sn).

La siguiente gráfica de control muestra la variable Si en el aluminio fundido con especificación SAE 380, la cual es la única que se fabrica en planta, y esta variable debe estar en un rango de 2.0% a 3.0%.

Figura 3.1 Gráfica de control para Si en Al con norma SAE 380.



Las gráficas de control demuestran que la empresa tiene sus procesos en control, dichas gráficas se encuentran en el anexo 4 al igual que la arriba mostrada. Lo anterior se concluyó en base a criterios aplicables a diagramas de control para determinar cuando un proceso está fuera de control. Dichos criterios son expuestos por Montgomery (1991) y se presentan en la siguiente página.

1. Uno o más puntos están fuera de los límites de control.
2. Una corrida de por lo menos 7 u 8 puntos de forma ascendente o descendente, incluso por arriba o debajo de la línea central.
3. Dos o tres puntos consecutivos fuera de los límites de advertencia de dos sigmas, pero aún dentro de los límites de control.
4. Cuatro o cinco puntos consecutivos mas allá de los límites sigma.
5. Un patrón anormal o no aleatorio de los datos.
6. Uno o más puntos cerca del límite de advertencia o de control.

No es suficiente tener los procesos en control sino que se debe tener la seguridad de que los procesos sean capaces de mantener ese control; es decir, que tengan capacidad de proceso para generar la variable de interés tal cual se desea (Montgomery, 1996).

La capacidad de proceso (CP) nos muestra que tan capaz es nuestro proceso u operación de generar producto conforme o mantener nuestra variable de interés de acuerdo las especificaciones proporcionadas por el cliente, alguna norma o la empresa que fabrica el producto. Dicha CP es un número calculado por la siguiente fórmula:

Figura 3.2 Ecuación para la capacidad de proceso.

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6S}$$

Donde:

CP = Capacidad de proceso.

LSE = Límite superior de especificación.

LIE = Límite inferior de especificación.

S = Desviación estándar del proceso, puede ser sustituida por S (desviación estándar de la muestra).

El CP, calculado con la ecuación anterior, es mejor mientras sea mayor que 1 pues indica la que tan capaz es el proceso de cumplir con lo especificado. De lo contrario, si el CP es menor que 1, hay probabilidad de que el proceso genere producto no conforme con lo especificado. De forma similar, se calcularon los índices para la capacidad del proceso para cumplir con el extremo derecho o superior de especificación o C_{pu} y la capacidad del proceso para cumplir con el extremo izquierdo o inferior de especificación C_{pl} . Dichos índices se determinaron por las siguientes ecuaciones:

Figura 3.3 Ecuaciones para índices C_{pu} y C_{pl} .

$$C_{pu} = \frac{LSE - \bar{x}}{6S} \quad \text{y} \quad C_{pl} = \frac{\bar{x} - LIE}{6S}$$

El C_{pu} y C_{pl} funcionan bajo el mismo criterio del C_p , mientras mayor sea a 1; entonces es mas capaz el proceso de producir las especificaciones que se le demandan. El C_{pu} nos indica que tan bien el proceso es capaz de controlar la variable con respecto a la mitad derecha de especificación. Por el contrario, el C_{pl} indica capacidad del proceso para satisfacer la mitad inferior de la especificación. Finalmente, el C_{pk} es el mínimo valor de C_{pu} y C_{pl} del mismo proceso estudiado y se considera a C_{pk} como una capacidad más real del proceso.

A continuación se presentan tablas por tipo de material con las variables a controlar, así como la media y desviación estándar de las muestras analizadas, sus límites de especificación, la especificación nominal, los índices de Cp, Cpu y Cpl.

Tabla 3.1 Índices de capacidad para composición de hierro gris fundido.

Norma	G1800				G2500			
	TC	Mn	Si	Dureza	TC	Mn	Si	Dureza
Media	3.53	0.67	2.57	175.09	3.36	0.76	2.25	207.90
Desv. std.	0.0375	0.0436	0.0771	4.2416	0.0465	0.0421	0.0427	6.208
Especificación nominal	3.55	0.65	2.55	175.00	3.35	0.75	2.20	210.00
LIE	3.40	0.50	2.30	160.00	3.20	0.60	2.00	190.00
LSE	3.70	0.80	2.80	190.00	3.50	0.90	2.40	230.00
CP	1.335	1.147	1.081	1.179	1.076	1.188	1.560	1.074
Cpu	1.529	1.006	0.978	1.172	1.035	1.070	1.180	1.187
Cpl	1.141	1.288	1.185	1.186	1.116	1.306	1.939	0.962
Cpk	1.141	1.006	0.978	1.172	1.035	1.070	1.180	0.962

En la tabla siguiente se presentan las variables de interés Si y Fe en el caso del Aluminio fundido, las cuales son medidas en porcentaje.

Tabla 3.2 Índices de capacidad para composición de Aluminio.

Norma	SAE 380		
	Si	Fe	Dureza
Media	2.53	0.76	111.31
Desv. std.	0.1377	0.0536	4.5205
Especificación nominal	2.50	0.75	110.00
LIE	2.00	0.60	95.00
LSE	3.00	0.90	125.00
CP	1.210	0.934	1.106
Cpu	1.127	0.861	1.010
Cpl	1.293	1.006	1.202
Cpk	1.127	0.861	1.010

En la tabla 3.3 se presentan las variables de interés, medidas en porcentaje, de los Bronces producidos en planta, los cuales son SAE 64 y Bronce al Aluminio.

Tabla 3.3 Índices de capacidad para composición de Bronces fundidos.

Norma	Bronce al Aluminio		SAE 64	
	Al	Dureza	Sn	Dureza
Variable				
Media	9.08	123.47	10.24	171.49
Desv. std.	0.2947	3.7720	0.2410	4.4145
Especificación nominal	9.00	122.50	10.25	170.00
LIE	8.00	110.00	9.50	150.00
LSE	10.00	135.00	11.00	190.00
CP	1.131	1.105	1.037	1.510
Cpu	1.036	1.019	1.056	1.397
Cpl	1.226	1.191	1.018	1.623
Cpk	1.036	1.019	1.018	1.397

En la tabla siguiente, se presentan los índices referentes a la humedad de la preparación de arena de careo, la cual es factor importante para piezas fundidas de calidad según Capello (1986)

Tabla 3.4 Índices de capacidad para arena de careo.

Norma	Propia
Variable	Humedad
Media	4.04
Desv. std.	0.0851
Especificación nominal	4.00
LIE	3.50
LSE	4.50
CP	1.958
Cpu	1.819
Cpl	2.097
Cpk	1.819

Las gráficas de control expuestas anteriormente demuestran que la empresa tiene sus procesos en control. Además, las tablas de índices de capacidad de proceso presentadas en las páginas anteriores muestran que los procesos tienen capacidad. Sin embargo, una de las propuestas de este proyecto es mejorar los procesos, por lo que si éstos están en control una mejora que se podría llevar a cabo es mediante el análisis de los procedimientos por ingeniería de métodos.

3.2. Ingeniería de métodos.

Para llevar a cabo mejoras en los procesos de Funpimet, se emplean Diagramas de Flujo de Procesos (DFP), puesto que estos diagramas proporcionan una adecuada perspectiva para el análisis de las operaciones y por ende, de su mejora⁵. Los diagramas mencionados fueron generados a partir de los diagramas de flujo para la fabricación de piezas en cada tipo de material.

3.2.1. Diagramas de Flujo de Procesos (DFP)

Un DFP, de acuerdo al Manual del Ing. Ind. (2001), es la representación gráfica de una secuencia pues se muestran las operaciones, transporte, inspecciones, demoras y almacenajes que se efectúan en un proceso o procedimiento. Además, este diagrama incluye información importante para el análisis como *tiempo requerido* y *distancias recorridas*.

Gaither y Frazier (1999) argumentan que la característica principal del DFP es que presenta el proceso desde la perspectiva por las que pasa el material o el operario.

El DFP utiliza los siguientes símbolos:

⁵ Hodson, William K. Maynard: Manual del Ing. Ind. 4ª ed. Editorial McGraw-Hill. México: 2001.

○ Operación: Suceden cuando se cambia alguna característica física o química del material

➡ Transporte: Ocurre cuando el objeto se mueve de un lugar a otro.

□ Inspección: Es cuando se examina un objeto por control de calidad o verificación de sus características.

D Demora: Suceden cuando condiciones especiales al objeto no permiten que se le realice el siguiente paso del plan

▽ Almacenaje: Es cuando el objeto se protege contra la movilización no autorizada.

El Manual del Ing. Ind. explica que una de las formas de superar la resistencia al cambio por las mejoras propuestas es mediante un interrogatorio, el cual genera acciones y es el siguiente:

Tabla 3.5 Las preguntas del DFP.

Pregunta	Seguida de	Acción esperada
1. ¿Cuál es el objetivo?	¿Por qué?	1. Eliminar las actividades superfluas.
2. ¿Dónde debe hacerse?	¿Por qué?	2. Combinar o cambiar el lugar.
3. ¿Cuándo debe hacerse?	¿Por qué?	3. Combinar o cambiar el tiempo o secuencia.
4. ¿Quién debe hacerlo?	¿Por qué?	4. Combinar o cambiar a la persona.
5. ¿Cómo debe hacerse?	¿Por qué?	5. Simplificar o cambiar el método.

El uso de las preguntas se ha facilitado mediante “la técnica de punto y marca de verificación”⁶. Dicha técnica consiste en poner un punto a la pregunta cuando se piensa en las implicaciones de la pregunta a cada detalle. Por otro lado, la marca de verificación se coloca cuando en torno a dicha pregunta se le ocurre al analista o supervisor una idea de mejora. Los DFP para este proyecto se encuentran en los anexo 5, 6 y 7.

Por lo antes expuesto, se pone el ejemplo de la tarea “preparación de arenas de careo (todos los tipos)”, la cual en el paso 4 “Tamizado de arena”, se propuso eliminar la operación, esto fue en base a lo siguiente. Dicho ejemplo se expone para demostrar el potencial del DFP y las preguntas de este análisis, el cual es el siguiente:

- ¿Cuál es el objetivo? Eliminar los grumos de la arena al salir del molino de mezclado.
- ¿Dónde debe hacerse? En el área de preparación de arenas.
- ¿Cuándo debe hacerse? Al final de cada ciclo de mezclado.
- ¿Quién debe hacerlo? El operario del área de preparación de arenas.
- ¿Cómo debe hacerse? Utilizando un tamiz de malla 12 (12 hoyos por pulgada lineal).

Para ésta tarea se encontró que la operación se implemento hace dos años debido a que la arena de retorno que entraba al molino entraba con mucha granza (grumos de arena compactada); por lo que la arena que salía del mezclado salía tal cual entraba a esta operación y por ello se debía tamizar para eliminarlas. Sin embargo, hace un año se compró

⁶ Hodson, William K. Maynard: Manual del Ing. Ind. 4ª ed. Editorial McGraw-Hill. México: 2001.

un tractor con equipo de desmoronado de arena (rotocultivador). Dicho equipo elimina la granza de la arena de retorno que entra al molino y por consiguiente la arena de careo que sale del molino ya no contiene granza. No obstante, la antigua y mala práctica de tamizado se quedó como costumbre y es por la aplicación de las preguntas del DFP que se trata de mostrar y convencer de los beneficios de eliminar dicha operación. Dicho ejemplo se encuentra en el DFP número A3 del anexo 5, DFP para las tareas correspondientes a fundición de Aluminio.

Los ahorros de la implementación de los métodos propuestos en los anexos 5, 6 y 7, calculados por ciclo de tarea, fueron analizadas en base a ahorros por tipo de metal producido multiplicado por el número de ciclos por año (veces se realizan las tareas en un año), en base a los pronósticos de ventas, para así tener los minutos posibles ahorrados. Por consiguiente, al convertir estos minutos a horas de ahorro la empresa observará los beneficios económicos de la implementación de los nuevos procedimientos. Además, los beneficios están calculados en función del salario de un operario general, lo anterior para no sobreestimar los beneficios.

Los DFP de tareas correspondientes a fundición de Aluminio tanto de los procedimientos actuales como propuestos se encuentran en el anexo 5 y los ahorros de muestran en la tabla 3.6 de la siguiente página.

Tabla 3.6 Ahorros y beneficios en fundición de Aluminio.

Tarea	Tiempo del método (min.)		Ahorro (min.)	Ciclos/año	Ahorro (hrs/año)
	Actual	Propuesto			
Preparación de combustible diesel	12	12	0	103.22	0.00
Recepción de insumos para arenas	11	11	0		0.00
Preparación de arena de careo	34	27	7	766.44	89.42
Moldeo en verde	10.3	7.3	3	7500.00	375.00
Fusión de Aluminio	104.5	93.75	10.75	516.12	92.47
Fabricación de piezas de Aluminio	177	132	45	516.12	387.09
Salario de un operario promedio	\$ 850.00	semanales			
Horas laborales por semana	48				
Horas de comida por semana	3				
Horas laborales reales	45				
Sueldo por hora	\$ 18.89				
Horas anuales ahorradas	943.98				
Ahorro anual (\$)	\$ 17,830.68				

Los DFP de tareas correspondientes a fundición de Bronce tanto de los procedimientos actuales como propuestos se encuentran en el anexo 6 y los ahorros de muestran en la tabla que a continuación se presenta.

Tabla 3.7 Ahorros y beneficios en fundición de Bronce.

Tarea	Tiempo del método (min.)		Ahorro (min.)	Ciclos/año	Ahorro (hrs/año)
	Actual	Propuesto			
Preparación de combustible diesel	12	12	0	3.16	0.00
Recepción de insumos para arenas	11	11	0		0.00
Preparación de arena de careo	34	27	7	3.55	0.41
Moldeo en verde	10.3	7.25	3.05	56.80	2.89
Fusión de Bronce	144	144	0	6.31	0.00
Fabricación de piezas de Bronce	297	252	45	6.31	4.73
Salario de un operario promedio	\$ 850.00	Semanales			
Horas laborales por semana	48				
Horas de comida por semana	3				
Horas laborales reales	45				
Sueldo por hora	\$ 18.89				
Horas anuales ahorradas	8.03				
Ahorro anual (\$)	\$ 151.76				

Los DFP de los procedimientos actuales y propuestos para fundición de Hierro gris se encuentran en el anexo 7. En la siguiente tabla se muestran los beneficios de los procedimientos propuestos.

Tabla 3.8 Ahorros y beneficios en fundición de Hierro gris.

Tarea	Tiempo del método (min.)		Ahorro (min.)	Ciclos/año	Ahorro
	Actual	Propuesto			(hrs/año)
Recepción de coque y cargado a 2o nivel de horno de cubilote	552.75	517.75	35	28.68	16.73
Fusión de hierro gris en cubilote	371	371	0	28.68	0.00
Recepción de insumos para arenas	11	11	0	96.60	0.00
Preparación de arena de careo	34	27	7	965.99	112.70
Moldeo en verde	10.3	7.25	3.05	7500.00	381.25
Fabricación de piezas de hierro gris	0	0	0	28.68	0.00
Salario de un operario promedio	\$ 850.00	semanales			
Horas laborales por semana	48				
Horas de comida por semana	3				
Horas laborales reales	45				
Sueldo por hora	\$ 18.89				
Horas anuales ahorradas	510.68				
Ahorro anual (\$)	\$ 9,646.16				

En los anexos 5-7 se presentan los DFP correspondientes al proceso de producción de cada uno de los metales, los cuales se obtuvieron con la ayuda de los diagramas de flujo. Por lo anterior aparecen algunos DFP repetidos pues son tareas similares o las mismas pero para diferente tipo de metal fundido. Lo que se trato de hacer fue respetar las tareas por metal para facilitar su análisis. Por otro lado, el DFP es una gran herramienta que sirve para mejorar procesos cuando se cree que no requieren mejora por el hecho de estar en control. Debido a que analiza el proceso desde la perspectiva del material o del personal, puede proporcionar excelentes mejoras. También, requiere del apoyo y opinión de los expertos de la empresa en dichas tareas, como lo son los operarios pues sus aportaciones, por la experiencia que poseen, pueden llegar a ser muy buenas y valiosas. Una muestra de esto, es

que en el ejemplo planteado en este capítulo, esa mejora no se hubiese propuesto de no ser por los comentarios sobre la antigua práctica de las tareas. Por lo anterior, tanto el proceso como su historia y un DFP pueden proporcionar beneficios para la empresa y sus trabajadores.

Finalmente, se puede obtener con los procedimientos propuestos un **ahorro de 1463 horas anuales**, las cuales al ser evaluadas con el sueldo de un operario general (\$850 semanales = \$ 18.89/hora) representan un **ahorro de \$ 27,628.60 anuales**. Las horas de ahorro arriba expuestas **representan cerca del 64.3% del tiempo laboral de un operario**. Por otro lado, dado que la empresa paga semanalmente \$15,000.00 en promedio a su plantilla obrera (aproximadamente \$750,000.00 anuales) los ahorros de los nuevos procedimientos representan un **ahorro del 3.8% anual en cuanto a nómina**.