

Desarrollo del SPC en Máquina dos de Aluminio Mejorando la Capacidad del Proceso y Obtener Calidad 4.0, mediante la Transformación Digital

Alan Aguilar Méndez ING¹, Mtro. Pedro Jácome Onofre², Lic. Frida Ivonne Silva García³

Resumen—La cuarta revolución industrial o industria 4.0 representa acceso a la información en tiempo real o lo más cercano a ello y se ha convertido en una gran área de oportunidad para la mejora de procesos productivos en cualquier industria manufacturera, tener los datos en el momento preciso conlleva a no generar costos innecesarios o bien a obtener ganancias. El presente artículo tiene el objetivo de mostrar la importancia de implementar un software de monitoreo estadístico, la utilidad y beneficios de tener la mayor cantidad de datos para el ajuste de los CNC's en el momento requerido para poder brindar certeza para la mejora de la capacidad de los procesos y brindar calidad 4.0 a nuestros clientes.

Palabras clave—Industria 4.0, Transformación digital, Big data, Control estadístico, calidad.

Introducción

Actualmente la falta de datos estadísticos en tiempo real al momento de realizar los ajustes de los centros de maquinado representa un problema afectando diversos indicadores clave del área como lo son eficiencia, scrap, costos de no calidad y capacidad de los procesos. El tiempo de paro por ajuste afecta la eficiencia de la máquina en un 4%, lo cual a lo largo de un año representaría tener la máquina 15 días sin trabajar. El scrap por ajuste representa el 11.11% de scrap total, estas piezas deberían ser piezas buenas, pero se están generando porque no se realiza el correcto análisis desde el primer ajuste o se comete algún error a la hora de digitarlo en el centro de máquina o no se realiza un correcto análisis de datos, por lo tanto, tomaría mucho tiempo. Por consiguiente, el objetivo es desarrollar el SPC, (Control Estadístico del Proceso) en maquinados de aluminio mejorando la capacidad del proceso y obtener calidad 4.0, mediante la transformación digital, para reducir la cantidad de ajustes, así como el tiempo en que se realizan para aumentar la productividad en general. En este estudio se pretende justificar con la implementación de un software de control estadístico para ayudar al técnico a realizar los ajustes de los centros de máquina, con la finalidad de mejorar la capacidad de los procesos se tienen varios beneficios, los cuales mejoran los indicadores clave del área, se reducirá el scrap por ajustes derivado de realizar esta actividad de forma correcta desde la primera vez, de esta forma se mejora directamente los costos de no calidad, por consecuencia también el tiempo de paro por ajustes se reducirá, esto último mejora la eficiencia de la máquina, lo cual como consecuencia reduce la utilización de recursos como lo son el consumo de energía, menor mano de obra ya que los lotes son producidos en tiempos más cortos, también nos ayudara a reducir el tiempo de utilización de mesa de coordenadas al reducir la cantidad de los ajustes. El desarrollo también contribuirá a mejorar la habilidad del proceso.

Descripción del Método

La mayor parte de la información del desempeño de un proceso puede ser aprendido estudiando los resultados del mismo (Bolívar, 2005). Para la implementación de este proyecto se monitoreo un total de 628 características críticas de 25 productos, en 57 CNC's, de acuerdo al objetivo de tener un $cpk > 1.33$, se definió como objetivo llegar a un cumplimiento mínimo de 90% de características críticas por encima de este nivel y como objetivo agresivo tener un nivel de cumplimiento del 95%.

La Industria 4.0 proporcionará el cambio fundamental en los negocios, incluidas todas las empresas (Bodrow, 2017). De acuerdo a (Javaid *et al.*, 2021) “la inteligencia artificial, los dispositivos móviles y las transacciones proporcionan formas emergentes de colaboración”, por lo cual se eligió se decidió la implementación de un software

¹ Alan Aguilar Méndez Estudiante de Maestría en Manufactura Avanzada. Posgrado CIATEQ, A.C. alan31031988@gmail.com (autor correspondiente).

² El MIA. Pedro Jácome Onofre, Estudiante de Doctorado en Manufactura Avanzada de Posgrado CIATEQ, A.C./Profesor de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México/campus, San Andrés Tuxtla, Veracruz, México. pedrojacome@itsat.edu.mx

³ La Lic. Frida Ivonne Silva García, Estudiante de Maestría en Marketing Digital y Comercio Electrónico/Universidad Tecnológica Latinoamericana UTEL. frida_isg@hotmail.com

de estadístico como complemento de las actividades de ajuste para la puesta a punto de los CNC's que realizan los técnicos, con finalidad de ofrecer calidad 4.0 que, está impulsada por tecnologías que proporcionan un cambio real en la calidad (Javaid *et al.*, 2021), para llevar el rendimiento a un nivel nuevo y superior como lo menciona (Zonnenshain and Kenett, 2020).

Q-Das software estadístico

Q-Das es un software para ayudar a mantener y mejorar al control estadístico de los procesos productivos, este software cuenta con varias herramientas para generar y analizar datos estadísticos de las cuales para este proyecto se implementaron O-QIS, el cual está diseñado para proporcionar una descripción general en tiempo real de las piezas de fabricación que se miden en CMM / medidores de banco con visualización de las últimas mediciones y características de alarma a nivel de operador y supervisor (Producto, 2017), y Q-Stat que es la herramienta de elección para la evaluación y mejora continua de los procesos de producción industrial, el cual como se muestra en la figura 1, tiene el siguiente flujo:

1. CMM medición

Se lleva a cabo el protocolo de medición en máquina CMM en el laboratorio de metrología, donde de forma automática el software de esta emite el reporte de CMM en formato DFD o DFX el cual puede ser leído por O-QIS.

2. CMM Reporting (O-QIS).

Posteriormente el operador de CMM o metrólogo, revisan el reporte emitido en O-QIS, para revisar que la pieza haya sido medida de forma correcta, si lo fue, lo liberan para ser emitido a las pantallas O-QIS de piso y de forma automática pasan a formar parte del Big data, para toma de decisiones y automatización de procesos (Jonh Deighton, 2019), si fue medida de forma incorrecta se descarta el reporte y se realiza la medición nuevamente.

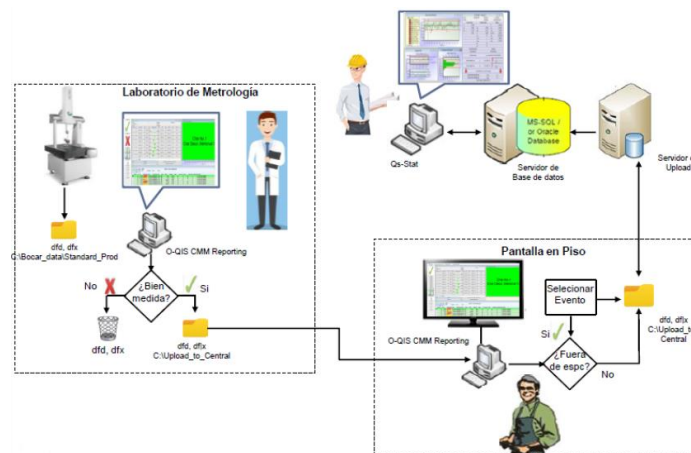


Figura 1. Flujo Q-Das

3.- Pantalla espectadora de alarmas

Una vez que el CMM Reporting está en las pantallas espectadoras de alarmas que se encuentran en la línea de producción el técnico puede observar todas las características que son evaluadas y monitoreadas de los procesos que están a su cargo como se muestra en la figura 2, esta pantalla permite identificar la descripción de la pieza, el número de característica de acuerdo al dibujo de pieza, fecha y hora de evaluación.

Cuando existe características fuera de especificación o de control, en automático el sistema O-QIS arroja un recuadro rojo sobre esta característica como en la figura 2, permitiendo que el técnico de entrada pueda tomar una decisión rápida, ya sea detener el proceso y ajustar la máquina CNC o analizar la causa raíz del porque la característica esta fuera de control o especificación. El ajustador tiene la capacidad de ver las últimas mediciones confirmadas y no confirmadas con gráficos de ejecución, histogramas y otros gráficos disponibles en el software (Intelligence, 2021).

Incidente No. de ID	No. de	Tipo de	Descripción de Pieza	Estado de	Alarma de
136	1->Defecto	Alarma	BRKT CAMSHAFT 13055	Abierto	29/09/2020 09:47
134	1->Defecto	Alarma	BRKT CAMSHAFT 13055	Abierto	29/09/2020 09:47
133	1->Defecto	Alarma	BRKT CAMSHAFT 13055	Abierto	29/09/2020 09:47
132	0->O.K.	No	BRKT CAMSHAFT 13055	Confirmad	29/09/2020 09:46
131	1->Defecto	Alarma	BRKT CAMSHAFT 13055	Abierto	29/09/2020 09:46
130	1->Defecto	Alarma	BRKT CAMSHAFT 13055	Abierto	29/09/2020 09:46
129	1->Defecto	Alarma	BRKT CAMSHAFT 13055	Abierto	29/09/2020 09:45
128	0->O.K.	No	BRKT CAMSHAFT 13055	Confirmad	29/09/2020 09:45
127	0->O.K.	No	BRKT CAMSHAFT 13055	Confirmad	29/09/2020 09:45
126	0->O.K.	No	BRKT CAMSHAFT 13055	Confirmad	29/09/2020 09:44
125	0->O.K.	No	BRKT CAMSHAFT 13055	Confirmad	29/09/2020 09:44

Figura 2. Espectador de alarmas

4.- Curva de valores

Para que el ajuste del CNC sea más certero el técnico puede revisar el gráfico de la curva de valores (ver figura 3) seleccionando la característica a corregir, de este modo se puede revisar el histórico de los últimos días y realizar el ajuste contra el promedio de los valores anteriores y no solo contra el ultimo valor, una práctica que en el pasado ocasionaba realizar mayor cantidad de ajustes, por lo tanto, implicaba tener mayor tiempo la línea detenida o con mayor frecuencia al no realizar correcciones a las dimensiones nominales del proceso.



Figura 3. Gráfico de la curva de valores

5.- Captura de incidencias

Una vez analizadas y corregidas o validadas las cotas fuera de especificación el técnico de ajuste debe alimentar el sistema colocando la causa raíz de la razón de la incidencia, muchas de estas se precargan al sistema facilitando la selección, pero también de ser una causa raíz que no había sido considerada el técnico tiene la opción de colocarla en el recuadro de otros eventos en la pantalla de incidencias (ver figura 4.- pantalla de incidencias). El objetivo de esta fase es empezar a generar una inteligencia artificial ya que de acuerdo a (Kwok, 2007) esta realiza diferentes funciones con la información tal como almacenar, asimilar e incluso predecir el futuro y modificar la información muy similar a como lo haría un ser humano.

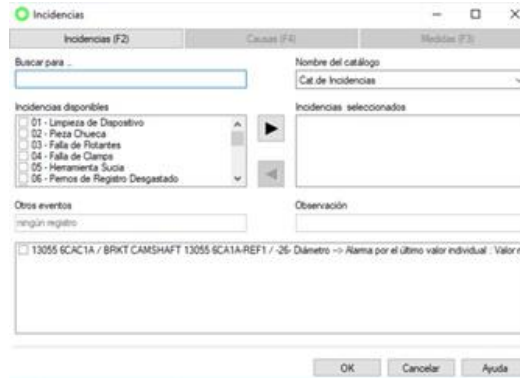


Figura 4. Pantalla de incidencias

6.- Análisis de capacidad con Q-Stat

Una vez realizada la captura de incidencias en automático todos los reportes O-QIS CMM Reporting son cargados a un servidor de donde los datos pueden ser leído a través de Q-Stat que es la herramienta que permite generar análisis estadístico de los procesos. Una vez estando los datos en el servidor con la ayuda de Q-Stat el ingeniero de calidad realiza un estudio de capacidad de forma mensual por proceso/máquina (ver figura 5. Reporte de capacidad mensual).

Characteristic Statistics Summary													Pág. 1 / 43	
Análisis de Proceso													Fecha: 20/10/2022	
Reporte Índice Capacidad 1.33.30 Pzas													Z. Prob. (est.)	
Pieza													Fecha: 20/10/2022	
Descri. Pieza: CYLINDER HEAD CVR 06L103.475H_08.11.17_F													Non Fabric.	
Número de Pieza: 06L103.475.H													Motive: emp.	
Observación:														
Descr. Carac.	Unidad	Nominal	LSL	USL	T	μ _{est.}	σ _{est.}	R	T	σ	Índice	Índice	Evaluación total	
Y_Diam-0	mm	0.0000			---	0.0000	0.0000	0.0000	-0.000001	0.00000	T _p --- y _{st}	T _{pk} --- s	---	
Item-111		0.0000	0.0000	0.1000	0.2000	0.0307	0.1648	0.066603	0.0347	0.43	T _p 0.43	T _{pk} 0.07	2	
X_Diam-0	mm	0.0000			---	0.0001	0.0000	0.0001	0.000004	0.00002	P _p --- y _{st}	P _{pk} --- s	---	
Z_Diam-0	mm	0.0000			---	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000	0.000			---	
Item-116		8.0000	8.0130	8.0260	0.0150	8.0184	7.9978	0.0210	8.014607	0.00319	T _p 0.76	T _{pk} 0.17	2	
Item-09	mm	8.0000	7.9830	8.0080	0.0150	8.0100	7.9957	0.0142	8.004590	0.00282	T _p 0.82	T _{pk} 0.41	2	
Item-06	mm	354.0000	353.8000	354.2000	0.4000	353.9758	353.9136	0.0622	353.942246	0.0109	P _p 4.80	P _{pk} 3.56	1.5	
Z_Diam-0	mm	0.0000			---	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000	0.000			---	
Item-211-Abajo	mm	15.4250	15.3250	15.5250	0.2000	15.5089	15.4090	0.1009	15.433966	0.0211	T _p 1.58	T _{pk} 1.44	1.5	
Item-211-Abajo	mm	15.4250	15.3250	15.5250	0.2000	15.5043	15.4116	0.0927	15.432323	0.0187	T _p 1.78	T _{pk} 1.65	1.5	
Item-211-Medio	mm	15.4250	15.3250	15.5250	0.2000	15.4849	15.3851	0.0988	15.414216	0.0186	T _p 1.77	T _{pk} 1.58	1.5	

Figura 5. Reporte de capacidad mensual

De acuerdo con el reporte de capacidad se seleccionan el top 5 de características con un cpk < 1.33 o bien con el cpk más bajo del mes para realizar un análisis con el equipo multidisciplinario (ingeniería de procesos, ingeniería de producto, ingeniería de calidad, producción y mantenimiento), posteriormente se genera un plan de acción para mejorar la capacidad de estas características.

Después de identificar los procesos y características en las cuales se deben realizar mejoras de capacidad, mediante Q-Stat se pueden analizar los datos de forma más precisa filtrando el análisis por proceso, máquina, características y rango de fechas. Una vez que los datos son cargados arroja la información en diferentes tipos de gráficos como X- R, histogramas, gráficos de dispersión, entre otros datos estadísticos que se requieran como son el cp, cpk, pp, ppk, la media, los límites de especificación, la tolerancia el valor nominal etc., toda esta información puede ser generada en reportes de análisis de proceso en formato pdf y se puede diseñar la forma y estructura en que queremos generar la información como el ejemplo que se muestra en la figura 6.

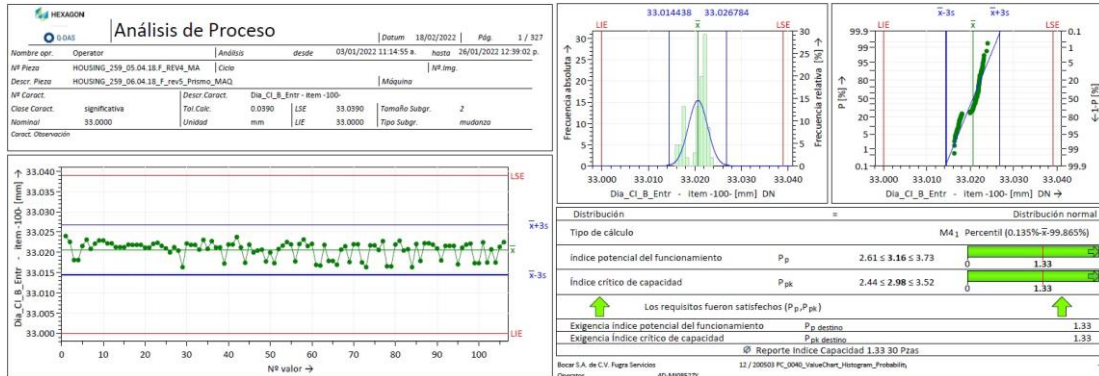


Figura 6. Reporte de análisis de proceso.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Durante el arranque del proyecto en el año 2020, el primer semestre se tiene un nivel de porcentaje de cumplimiento menor a 70% de características críticas con un $cpk > 1.33$ sin embargo con el análisis de los datos generados en este primer semestre se definieron actividades para mejorar las características críticas, logrando a partir del mes de septiembre llegar a estar por encima del 90% de cumplimiento que es el objetivo que se había fijado como mínimo, sin embargo el porcentaje de cumplimiento promedio de este año quedo por debajo de ese objetivo, como se muestra en la figura 7.- indicador de características críticas 2020.

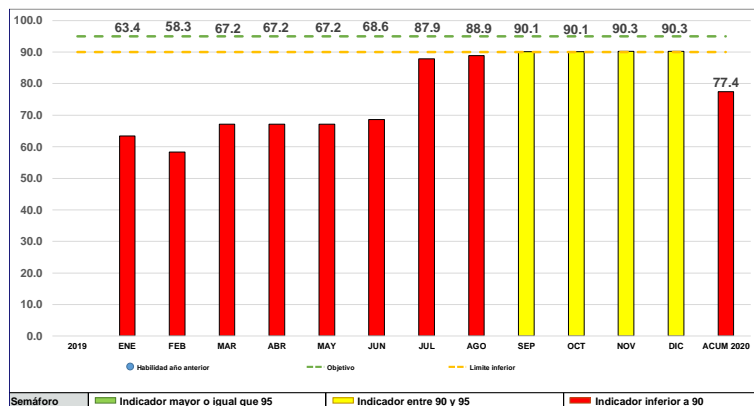


Figura 7.- indicador de características críticas 2020.

Durante el año 2021 se tuvo un comportamiento más estable teniendo un promedio de porcentaje de cumplimiento del 92% a lo largo de todo el año como se muestra en la figura 8.- indicador de características críticas 2021, sin embargo si lo comparamos contra el cierre del año 2020 solo mejoró alrededor de un 2%, esto debido a que en su mayoría las características críticas que estaban con $cpk < 1.33$ solo estaban con tendencia hacia uno de los límites de especificación, por lo que solo requirieron una inversión de tiempo para centrar la característica y poder cumplir un $cpk > 1.33$, pero el resto de las características no fue tan sencillo ya que requerían más que solo tiempo, requerían rediseño y aprobación de modificación de herramientas de corte así como de dispositivos de sujeción de los CNC's, por lo que la mejora en el nivel de cumplimiento se mostró con un avance menor, además también durante el último trimestre mostro un descenso en el cumplimiento debido a que se incorporaron proyectos nuevos al monitoreo de características críticas.

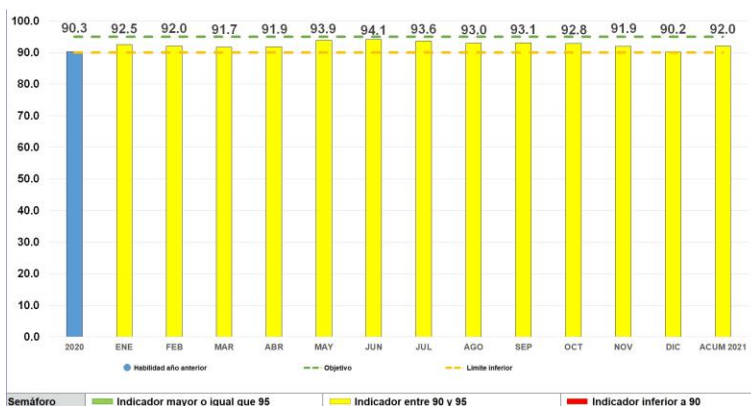


Figura 8.- indicador de características críticas 2021.

Conclusiones

Los datos de calidad confiables son una herramienta vital para la evaluación y el control de procesos (Subsidiarias., 2021). Una vez que mediante el análisis y la planeación reducimos la variabilidad de un proceso se genera un impacto positivo en los indicadores del área por consiguiente se reducen los costos de no calidad.

Recomendaciones

Para el análisis estadístico de cualquier proceso las corridas de muestreo durante el arranque de un producto nuevo puede no otorgarnos la información necesaria para la toma de decisiones para implementación de mejoras en la variabilidad del proceso, por lo cual recomiendo se deben tomar datos estadísticos de 1 a 3 meses cuando el proceso ha dejado de ser muestreo y se convierte en producción en masa, ya que a partir de esta fase podemos observar la variabilidad real que llegará a tener el proceso.

Referencias

- Bodrow, W. (2017) 'Impact of Industry 4.0 in service oriented firm', *Advances in Manufacturing*, 5(4), pp. 394–400. doi: 10.1007/s40436-017-0196-3.
- Bolivar, I. (2005) 'AIAG – Statistical Process Control (SPC) 2nd Edition', 1995(July). Available at: https://www.academia.edu/7829906/AIAG_Statistical_Process_Control_SPC_2nd_Edition.
- Intelligence, H. M. (2021) *No Title, Overview on O-QIS CMM reporting*. Available at: <https://www.hexagonmi.com/es-MX/about-us/events/accelerate-webinars/na-us-overview-on-o-qis-cmm-reporting> (Accessed: 15 October 2021).
- Javaid, M. et al. (2021) 'Significance of Quality 4.0 towards comprehensive enhancement in manufacturing sector', *Sensors International*, 2(May), p. 100109. doi: 10.1016/j.sintl.2021.100109.
- Jonh Deighton (2019) 'Big Data'. Taylor & Francis. Available at: <https://doi.org/10.1080/10253866.2017.1422902>.
- Kwok, M. (2007) 'HUMAN LEVEL ARTIFICIAL INTELLIGENCE SOFTWARE APPLICATION FOR MACHINE & COMPUTER BASED PROGRAM FUNCTION', *United States, Patent Application Publication*. Madrid.
- Producto, L. D. E. (2017) 'CATÁLOGO DE PRODUCTO SOFTWARE ESTADÍSTICO Q-DAS'.
- Subsidiarias., H. A. y/o sus (2021) *No Title, Q-DAS Statistics*. Available at: <https://www.hexagonmi.com/es-MX/products/software/q-das-statistics> (Accessed: 15 October 2021).
- Zonnenshain, A. and Kenett, R. S. (2020) 'Quality 4.0—the challenging future of quality engineering', *Quality Engineering*, 32(4), pp. 614–626. doi: 10.1080/08982112.2019.1706744.